



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE  
LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS  
IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA**

**Frisly Josué López González**

Asesorado por el Msc. Ing. José Antonio Medrano García

Guatemala, marzo de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE  
LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS  
IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FRISLY JOSUÉ LÓPEZ GONZÁLEZ**

ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ ANTONIO MEDRANO GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAGISTER EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2017



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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Pedro Miguel Agreda Girón
EXAMINADOR	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
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:

**REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE  
LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS  
IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Posgrado con fecha de 7 de febrero de 2015.

**Frisly Josué López González**







FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
**EP**  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

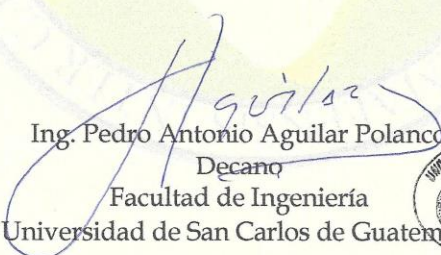
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-004

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 Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Gestión Industrial titulado: **"REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATAS IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA"** presentado por el Ingeniero Mecánico Frisly Josué López González, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2017.

Cc: archivo/ta

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-004

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATAS IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA"** presentado por el Ingeniero Mecánico **Frisly Josué López González**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, marzo de 2017.

Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.





FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC  
ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-004

Como Coordinadora de la Maestría en Artes en Gestión Industrial del Trabajo de Graduación titulado **"REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ENVASES EN FORMATO 360 ML DEL PROCESO DE LLENADO LÍNEA 7, EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATAS IMPLEMENTANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA"** presentado por el Ingeniero Mecánico **Frisly Josué López González**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Dra. Alba Maritza Guerrero Spínola  
Coordinadora de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, marzo de 2017.

Cc: archivo/la

**Doctorado:** Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.









## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de  
San Carlos de  
Guatemala**

Por ser la casa que me brindó los conocimientos necesarios para ser un mejor profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Por permitirme ser parte de ella y forjarme como un integrante de esta Facultad.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. RESEÑA DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Historia .....	1
1.2. Segmentos de mercado y productos.....	1
1.3. Capacidad instalada.....	2
1.4. Proceso de producción.....	3
1.5. Diagrama de proceso .....	5
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	7
2.1. Manufactura esbelta.....	7
2.1.1. Fundamento y definición .....	7
2.1.2. Objetivo de la manufactura esbelta.....	8
2.1.3. Beneficios de la manufactura esbelta .....	9
2.1.4. El sistema de producción Toyota y sistema esbelto ..	9
2.1.5. La casa del sistema de producción Toyota .....	11

2.1.6.	Pensamiento esbelto .....	12
2.1.7.	Los cinco principios del pensamiento esbelto.....	13
2.1.7.1.	Valor .....	15
2.1.7.2.	Desperdicio .....	15
2.2.	Aprendiendo de manufactura esbelta .....	16
2.2.1.	Cimientos.....	16
2.2.1.1.	<i>Heijunka</i> .....	16
2.2.1.2.	Flujo continuo.....	17
2.2.1.3.	Procesos estables y estandarizados.....	17
2.2.1.4.	Mantenimiento productivo total .....	18
2.2.1.5.	Administración visual .....	18
2.2.2.	Pilares.....	19
2.2.2.1.	Justo a tiempo.....	19
2.2.2.1.1.	Cambios rápidos ( <i>SMED</i> ) .....	20
2.2.2.1.2.	<i>Kanban</i> .....	20
2.2.2.1.3.	5´s.....	21
2.2.2.2.	<i>Jidoka</i> .....	21
2.2.2.2.1.	Andón.....	22
2.2.2.2.2.	<i>Poka Yoke</i> .....	23
2.2.3.	Centro de la manufactura esbelta.....	24
2.2.3.1.	<i>Kaizen</i> .....	24
3.	PARTE EXPERIMENTAL .....	25
3.1.	Inicio en la implementación de manufactura esbelta .....	25
3.1.1.	Evaluación a operadores frente a las herramientas de manufactura esbelta .....	25
3.1.2.	Generando el conocimiento de manufactura esbelta	26
3.2.	Situación actual.....	27

3.2.1.	Revisión en piso ( <i>Gemba</i> ).....	27
3.2.2.	Evaluación de manufactura esbelta .....	35
3.2.3.	Indicador de mejora .....	43
3.3.	Implementación de manufactura esbelta.....	45
3.3.1.	<i>Heijunka</i> .....	47
3.3.2.	<i>Kaizen</i> .....	51
3.3.3.	<i>Jidoka - Poka Yoke</i> .....	54
4.	RESULTADOS .....	61
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	65
	CONCLUSIONES .....	69
	RECOMENDACIONES .....	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	APÉNDICE.....	77



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Cinco pasos de manufactura esbelta.....	11
2.	Sistema de producción Toyota .....	12
3.	Cinco principios del pensamiento esbelto.....	14
4.	Producción continua .....	17
5.	Evolución de trabajo aplicando <i>Jidoka</i> .....	22
6.	VSM actual de proceso de embotellado .....	30
7.	Pareto de envases-causas situación actual.....	32
8.	Comportamiento de producción a una velocidad de 615 BPM .....	34
9.	Resultado de evaluación de manufactura esbelta .....	42
10.	Rendimiento de envases .....	44
11.	VSM estado futuro .....	46
12.	Diagrama causa-efecto sobre desperdicio de envases .....	47
13.	Pareto de desperdicio de envase .....	50
14.	Comportamiento de producción a una velocidad de 580 BPM .....	51
15.	Rendimiento de envases implementando herramientas de manufactura esbelta .....	53
16.	Instalación de sensor óptico .....	55
17.	Pareto de causas de desperdicio después de implementar <i>Jidoka</i> .....	57
18.	Diagrama causa-efecto sobre desperdicio de envases .....	62
19.	Comportamiento de producción a una velocidad de 580 BPM .....	64

## TABLAS

I.	Capacidad de producción .....	3
II.	Diagrama de operación del proceso de embotellado .....	6
III.	Conocimiento de la empresa sobre herramientas <i>Lean Manufacturing</i> .....	26
IV.	Hoja de verificación situación actual.....	31
V.	Resumen de causas estado actual.....	33
VI.	Evaluación de manufactura esbelta.....	36
VII.	Indicador de mejora .....	43
VIII.	Resumen desperdicio de envases.....	45
IX.	Hoja de verificación después de implementar <i>Heijunka</i> .....	48
X.	Resumen de causas aplicando <i>Heijunka</i> .....	48
XI.	Desperdicio de envases después de implementar herramientas de manufactura esbelta .....	53
XII.	Evento <i>Kaizen</i> .....	54
XIII.	Resumen de causas después de implementar <i>Jidoka-Poka Yoke</i> .....	56
XIV.	Estadística paramétrica comparando situación actual vrs. situación futura aplicando <i>Heijunka</i> .....	58
XV.	Estadística paramétrica comparando situación actual vrs. situación futura aplicando <i>Jidoka-Poka Yoke</i> .....	59
XVI.	Resumen de causas aplicando <i>Heijunka</i> .....	61
XVII.	Resumen de causas después de implementar <i>Jidoka-Poka Yoke</i> .....	63
XVIII.	Desperdicio de envases después de implementar herramientas de manufactura esbelta .....	64



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ACR</b>	Análisis causa raíz
<b>BPM</b>	Botellas por minuto
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>H1</b>	Hipótesis de investigación
<b>Ho</b>	Hipótesis nula
<b>N</b>	Población o universo
<b>N</b>	Tamaño de la muestra
<b>PET</b>	Polietileno de tereftalato
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b><i>SMED</i></b>	Proceso de cambios rápidos
<b>SOP</b>	Proceso estándar de operación
<b>VSM</b>	Mapa de valor
<b>X</b>	Tamaño de Proporción
<b>Z</b>	Valor del nivel de confianza de cálculos estadísticos



## GLOSARIO

<b>Cadena de valor</b>	Es un modelo teórico que permite describir la estructura que conforma todo el proceso productivo de una empresa.
<b>Calidad</b>	Se dice que un producto o servicio es de calidad si satisface adecuadamente las expectativas del cliente.
<b>Capacidad Instalada</b>	Potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular puede producir durante determinado tiempo.
<b>Desperdicio</b>	Se llama desperdicio a cualquier ineficiencia en el uso de los equipos, materiales o capital de trabajo en cantidades que no son consideradas como necesarias en el proceso productivo.
<b>Efectividad</b>	Es la unión entre la eficiencia y la eficacia, es decir, busca lograr un efecto deseado, en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de recursos.
<b>Eficiencia</b>	Es “hacer bien las cosas”, es decir, hacer las cosas buscando la mejor relación posible entre los recursos empleados y los resultados obtenidos. Tiene que ver con el ¿cómo se hacen las cosas?

<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que al interactuar de manera lógica transforman variables de entrada en resultados.
<b>Producción</b>	Proceso por medio del cual se crean los bienes y servicios.
<b>Productividad</b>	Es la relación entre la cantidad de productos obtenidos por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

## RESUMEN

La presente propuesta de investigación, a través de su objetivo general, se enfoca en demostrar la efectividad del uso de las herramientas de manufactura esbelta para la reducción del desperdicio de envases en formato 360 ml en una empresa de bebidas carbonatadas.

El estudio se realizó principalmente en el área de llenado de una planta que se especializa en la elaboración de bebidas carbonatadas, donde la importancia de la investigación radica en reducir el impacto económico que genera el desperdicio de envases PET; también en el interés de encontrar y conocer cuáles son las causas que generan el desperdicio.

En cuanto al objetivo general, se muestra en el capítulo experimental y en el capítulo de resultados, el nivel general de desperdicio alcanzado antes y después de implementar herramientas de manufactura esbelta. Se tenía un nivel de desperdicio de 733 botellas para un población de 1 296,000 envases procesados, el nivel de desperdicio se redujo hasta 134 envases para la misma población, esto es hasta un 81 % de reducción de desperdicio para la misma población evaluada.

También se especifican los factores que inciden y las causas potenciales que se atacaron implementando herramientas de *Lean Manufacturing*, para reducir el desperdicio alcanzado; dicho resultado se valida aplicando estadística paramétrica comparativa, donde se compara estadísticamente la situación antes de implementar las herramientas y luego de implementar las herramientas de *Lean Manufacturing*.

En la sección de resultados se demuestran y se describen cuáles son las causas más relevantes que están afectando el nivel de aprovechamiento de envases, siendo estas, tapa atorada en carril de tapas en 25,10 %, tapa volteada en el carril de bajada en 23,09 %, mala calibración de sensor abre válvulas en 10,51 %, sensor de tulipas en 9 %, botellas mal capsuladas en 6,28 % y tapa atorada en *pick and place* en 6,14 %.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los constantes reclamos del departamento de cadena de suministro y control de la productividad, respecto al bajo porcentaje de rendimiento en la utilización de envases en el proceso de llenado, llevan a la empresa a tener pérdidas constantes, debido a la falta de herramientas de productividad que ayuden a ser efectivo el proceso de producción.

Desde enero del 2005 a enero del 2014, se observa que no existen métodos establecidos para minimizar las pérdidas de materias primas e insumos que se utilizan para la fabricación de sus productos. En este estudio de investigación se analizó el comportamiento del proceso de manufactura asociado al uso de envases en el proceso de llenado. Se tienen registros al cierre del período 2013 en el que se reportó un indicador de rendimiento de 99,35 %, valor por debajo del objetivo planteado por la corporación de 99,99 %.

La empresa donde se desarrolló el proyecto de investigación, se dedica a la elaboración de productos carbonatados y no carbonatados. Para la fabricación de sus productos utiliza como materia prima envase PET; en el año 2014 sigue generando desperdicio de envases situación que está impactando en el costo global de transformación, costo que viene generándose por más de dos años. El costo acumulado para el período 2012 y 2013 es de: 162,000 dólares, lo que justifica resolver este problema que está afectando los costos de operación de la empresa, para el 2014 se tiene la misma tendencia.

Se ha observado el flujo del proceso de manufactura de bebidas carbonatadas encontrando una serie de pasos que no están agregando valor al proceso productivo. Las actividades de manejo de producto están generando desperdicio en varios recursos del proceso de producción, como etiqueta, tapa y envases. Recursos que afectan de manera directa a la rentabilidad de la empresa.

En la empresa se tienen controles diarios de consumo y se ven reflejados los desperdicios, tema al cual no se le ha prestado la importancia necesaria, por no tener la evaluación y el análisis correspondiente y por desconocer cuál es el impacto económico que genera de manera directa. Se carece de un plan de trabajo que ayude a resolver los desperdicios, debido al problema suscitado surge la necesidad de investigar de qué manera se puede resolver esta problemática. Por lo mismo se plantea la siguiente interrogante de investigación.

¿La falta de mecanismos de manufactura esbelta que ayuden a disminuir la merma de envases en el proceso de llenado de bebidas carbonatadas genera un alto desperdicio en el uso de este recurso?



## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Para responder al planteamiento del problema es necesario que se analice con detalle las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las causas potenciales que ocasionan pérdida de envases, en el proceso de llenado?
2. ¿Cuáles serán los puntos más críticos que inciden o afectan en el desperdicio envases en el proceso de llenado?
3. ¿Cuáles son los factores a tomar en cuenta para reducir el desperdicio de envases?
4. ¿Qué herramientas clave de manufactura esbelta son aplicables y sustentables al proceso de llenado para reducir el desperdicio de envases?



## **OBJETIVOS**

### **General**

Reducir el desperdicio de envases en formato 360 ml del proceso de llenado línea 7, en una empresa de bebidas carbonatadas, implementando herramientas de manufactura esbelta.

### **Específicos**

1. Identificar las causas potenciales que están ocasionando el desperdicio de envases, a través de herramientas de causa y efecto.
2. Evaluar el proceso actual para visualizar los puntos críticos que más afectan en el desperdicio de envase en el proceso de llenado aplicando diagramas de flujo y mapas de proceso.
3. Determinar los factores críticos del proceso de llenado que estén ocasionando el desperdicio de envases, a través de diagramas de Pareto.
4. Describir qué herramientas clave de manufactura esbelta son aplicables y sustentables al proceso de llenado, a través de capacitación y supervisión constante.



## FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

De investigación

- Hi: con la implementación de herramientas de manufactura esbelta se reducen los desperdicios de envases.

Variables dependientes e indicadores

- Porcentaje de envases entrada/envases salida: variable cuantitativa
- Porcentaje costo de rendimiento de envases: variable cuantitativa

Variable Independiente

- Implementación de herramientas de manufactura esbelta

Nula

- Ho: con la implementación de herramientas de manufactura esbelta no se reducen los desperdicios de envases.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

En esta investigación, se utilizó el estudio descriptivo con enfoque cuantitativo; también se recolectaron datos sobre diferentes aspectos del proceso de llenado de envases de bebidas carbonatadas. El proyecto de investigación es de tipo transversal, los datos fueron recolectados en un solo momento, en un tiempo único. El propósito es describir las variables y analizar su impacto e interrelación en un momento dado.

Se utilizaron en las primeras fases herramientas de análisis y levantamiento de información como mapa de procesos, hojas de verificación, diagrama de flujo, diagrama de árbol, diagrama causa-efecto, gráficos estadísticos de control, entre otros; en la primera fase, se determinó el nivel de desperdicio de envases generado en el proceso de llenado; además se midieron las variables de entrada al proceso para identificar todas las causas probables que dan origen al desperdicio.

En la segunda fase, se analizó y explicó cuáles fueron los factores críticos que afectan el proceso de producción, para ello se utilizaron diferentes herramientas estadísticas que ayudaron a procesar, ordenar e identificar de una mejor manera las deficiencias del proceso operativo.

En la última fase, se determinaron las acciones adecuadas para reducir el desperdicio aplicando herramientas de manufactura esbelta; también se ensayaron varias herramientas de manufactura esbelta asociadas al proceso de llenado; además se explicaron y evaluaron los hallazgos así como los resultados.

El alcance del trabajo aplica sobre todo en la empresa donde se realizó el ensayo, este sirve como guía de aplicación para todas las áreas involucradas en el proceso productivo y como ejemplo de referencia para ingenieros de planta, jefes de producción y supervisores de producción que desean implementar este tipo de herramientas.



## INTRODUCCIÓN

La mayoría de industrias competitivas en la constante búsqueda de mantenerse en el mercado, han logrado identificar la importancia que tiene el aprovechamiento de todos los recursos que forman parte de la cadena de transformación, desde las entradas hasta las salidas con la entrega del producto al cliente. Para ello, la gestión administrativa de la productividad está enfocada en maximizar esos recursos, talento humano, materiales, insumos, tiempos disponibles de maquinaria, energía, espacios y transportes.

El proceso de manufactura tiene que ser más ágil, lo que hace necesario conocer todas las debilidades del proceso, maquinaria y operación. Para identificar esas debilidades es necesaria la aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* que ayuden a reducir los desperdicios o actividades que no generan valor al proceso productivo.

La investigación se desarrolló principalmente con el objetivo de disminuir el desperdicio de envases PET al implementar herramientas *Lean Manufacturing* ; además de demostrar la efectividad en la obtención de resultados al momento de aplicarlas.

En el capítulo uno, se describe la filosofía e historia de la empresa, la estructura organizacional, su capacidad instalada y proyectada, los segmentos de mercado en los que participa y sus diferentes categorías.

En el capítulo dos, se desarrolla el Marco Teórico referido a la metodología de manufactura esbelta, su definición y sus objetivos, cuáles son los beneficios

que se obtienen al adoptar esta filosofía, cuáles son los pilares y cimientos que dan soporte a esta metodología.

En el capítulo tres, se desarrolló la parte experimental en el área piloto elegida, se muestra la utilización de las herramientas *Lean Manufacturing* enfocadas al desperdicio de envases, para este caso de estudio es el proceso de llenado, se plantea la situación actual del proceso desde el enfoque operativo o de piso, se evalúan las condiciones de manufactura esbelta.

En la fase experimental, se midieron las acciones tomadas al adoptar la metodología *Lean Manufacturing*, los resultados alcanzados con la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing* a pesar de solo ser un ensayo y no se haya aún madurado en su implementación al 100 % son sorprendentes, ya que si se reduce el desperdicio de envases en un tiempo medido de 3 días, la muestra inicial arrojó un desperdicio de envases de 733 a 398 y de 398 a 134 ver tabla X y XIII respectivamente, porcentualmente representa una disminución de desperdicio desde un 45 % hasta un 81 %, las técnicas utilizadas que lograron esta reducción fueron: *Heijunka, Jidoka, Kaizen* y *Poka - Yoke*.

En el capítulo de resultados, se desarrolló la prueba estadística, en el cuadro estadístico podrá observarse el resultado final de dicha investigación, se demuestra estadísticamente que si se reduce el nivel de desperdicio ensayando diferentes niveles de confianza, respectivamente 90 %, 95 % y 99 %.

# 1. RESEÑA DE LA EMPRESA

## 1.1. Historia

La empresa se inició hace 25 años como un negocio en un pequeño taller de la familia Añaños Jerí en la provincia de Ayacucho, en Perú; la familia Añaños comenzó a producir bajo el nombre “Kola Real” se centraron en venderle a la población de bajo poder adquisitivo. Actualmente es un imperio con presencia en más de 20 países en Latinoamérica, Asia y África, cuenta con más de 30 plantas, 18 000 empleados, ventas arriba de 3 000 millones de litros al año, 800 millones de dólares de ingresos anuales y una participación del cinco por ciento del mercado de bebidas refrescantes en América Latina.

AJEMAYA, S.A. es parte de la corporación AJEGROUP, que fue fundada en agosto del 2004, en Guatemala; esta se dedica a la producción de refrescos carbonatados, no carbonatados y néctares en sus diferentes presentaciones, cuenta con un amplia gama de productos con más de 20 presentaciones con el firme compromiso de democratizar el consumo, se enfoca en nuevos grupos de consumidores con su estrategia de alta calidad y precio justo.

## 1.2. Segmentos de mercado y productos

En Guatemala, desde su incursión en agosto del 2004 al 2010, la empresa manifestó que esperaba un 5 por ciento de participación en el mercado, para el 2016 manifestó, según *Nielsen* un crecimiento del 13 % de participación para Centro América.

La estrategia de AJEMAYA, S.A. ha sido ampliar la base de consumo, a partir de sus formatos familiares y personales, a partir de allí penetrar diferentes segmentos del mercado, aunque en la mayoría de países sus consumidores son de estratos populares al igual que en Guatemala, su estrategia de alta calidad, precio justo y formatos familiares permitieron una expansión de mercado a nivel de Centroamérica. Actualmente tiene participación en los países de Honduras, Nicaragua, Costa Rica, El Salvador y Panamá.

La variedad de productos como Big Cola, Big Naranja, Big Uva, Big Lima-limón, Cifrut, Agua Cielo, Néctares Pulp en sus diferentes presentaciones como 3,3 lts, 1,5 lts, 2,6 lts, 0,360 ml, han permitido tener una participación importante en el mercado nacional.

### **1.3. Capacidad instalada**

El crecimiento de mercado ha obligado a la compañía a invertir e incrementar su capacidad instalada, dicha capacidad ha venido creciendo año con año, desde inicios del 2004, cuenta con 7 líneas de producción para producir todo el portafolio de productos, dicha capacidad instalada se resume en la siguiente tabla.

Tabla I. **Capacidad de producción**

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN - PLANTA AJEMAYA												
Consideraciones :												
Horas de Producción x Día				24,0	Horas de Producción x Turno				8,0			
Días al Mes				26,0	Capacidad de Planta Instalada				85%			
Línea	Formato	BPM	Nº Bot./	% Util. de	Cajas /	Cajas /	Cajas / Día	%	Cajas / Mes	Litros de	Caja Unitaria	
			Caja					Línea				Hora
1 - Mesal 100	3,300 ml (pet)	165	12	85%	701	5,610	16,830	100.00%	437,580	17,328,168	577,605.60	
Sub total línea 1								100%	437,580.00	17,328,168	577,605.60	
Línea	Formato	BPM	Nº Bot./	% Util. de	Cajas /	Cajas /	Cajas / Día	%	Cajas / Mes	Litros de	Caja Unitaria	
			Caja					Línea				Hora
2 - Mesal 100	2,600 ml (pet)	190	12	85%	808	6,460	19,380	8.00%	40,310	1,257,684	41,922.82	
	1,500 ml (pet)	270	24	85%	574	4,590	13,770	15.00%	53,703	1,933,308	64,443.60	
	1,000 ml (pet)	275	36	85%	390	3,117	9,350	12.00%	29,172	1,050,192	35,006.40	
	0,360 ml (pet)	400	48	85%	425	3,400	10,200	37.00%	98,124	1,695,583	56,519.42	
	0,300 ml (pet)	400	48	85%	425	3,400	10,200	28.00%	74,256	1,069,286	35,642.88	
Subtotal línea 2								100%	295,565.40	7,006,054	233,535.12	
Línea	Formato	BPM	Nº Bot./	% Util. de	Cajas /	Cajas /	Cajas / Día	%	Cajas / Mes	Litros de	Caja Unitaria	
			Caja					Línea				Hora
6 - Mesal 100	0,525 ml (pet)	400	48	85%	425	3,400	10,200	40.00%	106,080	2,673,216	89,107.20	
	0,360 ml (pet)	500	48	85%	531	4,250	12,750	10.00%	33,150	572,832	19,094.40	
	0,375 ml (pet)	500	48	85%	531	4,250	12,750	10.00%	33,150	596,700	19,890.00	
	0,625 ml (pet)	400	48	85%	425	3,400	10,200	40.00%	106,080	3,182,400	106,080.00	
Subtotal línea 6								100%	278,460.00	7,025,148	234,171.60	
Línea	Formato	BPM	Nº Bot./	% Util. de	Cajas /	Cajas /	Cajas / Día	%	Cajas / Mes	Litros de	Caja Unitaria	
			Caja					Línea				Hora
7 - Mesal 120	0,360 ml (pet)	580	48	85%	616	4,930	14,790	100.00%	384,540	6,644,851	221,495.04	
Subtotal línea 7								100%	384,540.00	6,644,851	221,495.04	

Fuente: elaboración propia.

#### 1.4. Proceso de producción

El proceso de llenado de bebidas carbonatadas inicia con uno de los procesos principales que es el tratamiento de agua; el agua pasa por un tratamiento multibarrera compuesto por tanque reactor, filtro de arena, filtro de carbón activado y filtro pulidor.

Luego de ser tratada el agua se pasa al proceso de formulación de jarabes, el agua tratada es mezclada con azúcar enviada a granel en proporciones, según la fórmula, así se obtiene jarabe simple, el cual es pasteurizado y filtrado, eliminando así cualquier impureza o contaminación microbiológica; luego pasa a la fase de producto terminado, donde se agrega el concentrado definido para el sabor específico, según la fórmula.

La elaboración de bebida terminada lleva al siguiente proceso que consiste en generar una relación de agua tratada y jarabe terminado, dicha relación se genera a través de un equipo que se conoce con el nombre de *mixer*; luego de generar la mezcla agua-jarabe este es bombeado a un carbonatador donde se adiciona el volumen de CO<sub>2</sub> para darle la característica de bebida carbonatada, en este proceso se deben asegurar las especificaciones de calidad como brix y volumen de CO<sub>2</sub> para ser enviado al proceso de llenado.

Luego de este proceso, la bebida es considerada como bebida terminada y es enviada directamente a la llenadora para iniciar el llenado de envases; se envía a la llenadora mediante un sistema de bombeo y sistema de contrapresión para llenar los envases a una velocidad adecuada para dar el volumen correcto a cada uno de los envases.

Para llegar al proceso de envasado, se requiere de otro proceso que se trabaja en paralelo al proceso de formulación de bebida terminada, dicho proceso inicia con la elaboración del envase, este proceso de formación de envase se hace a través de sopladoras especiales a partir de la materia prima que se conoce con el nombre de preforma; el operador debe verificar los estándares requeridos de espesores y calidad de envase para ser llenado.

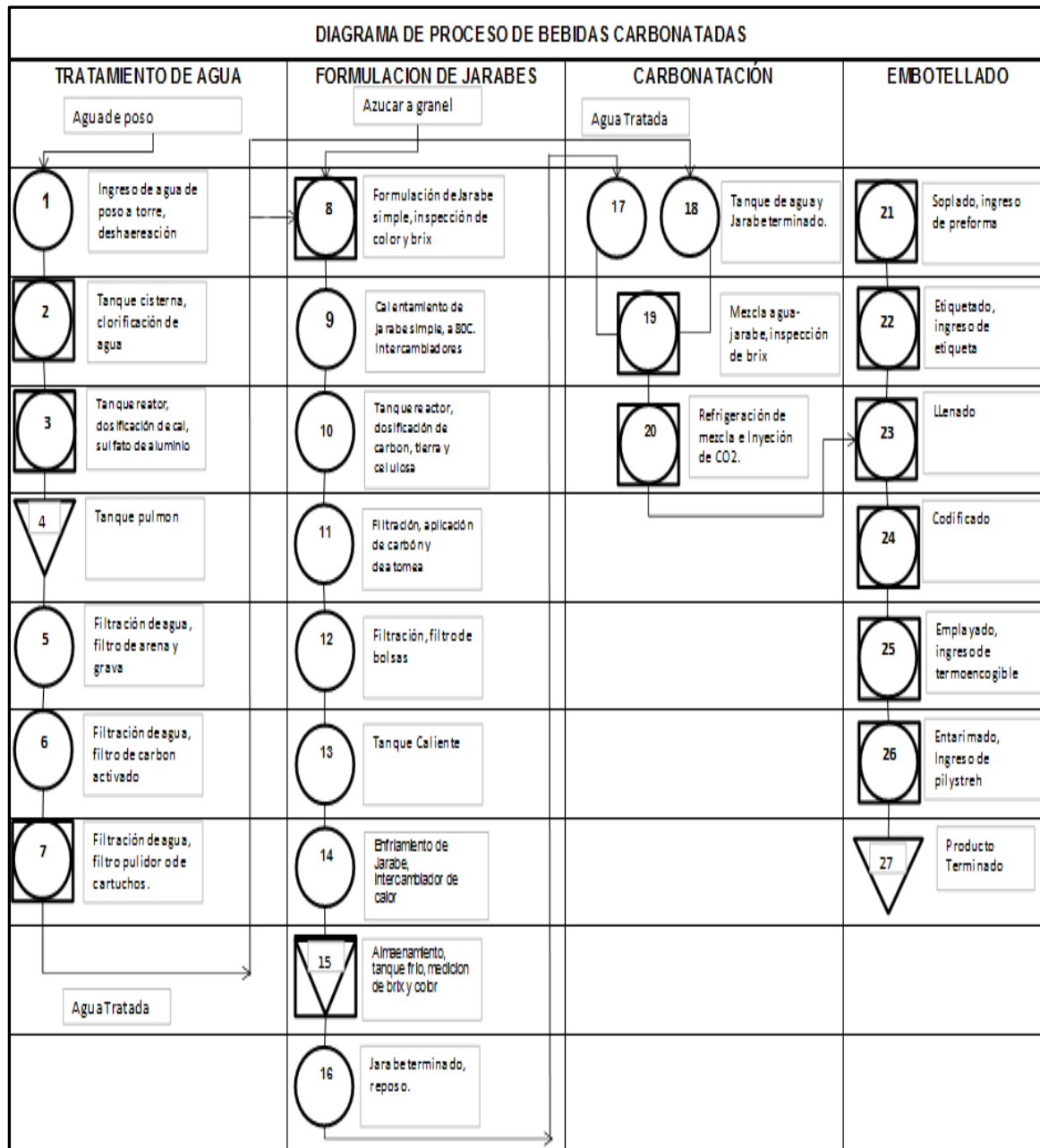
Luego del proceso de formación de envase, cada uno de ellos es trasladado al área de etiquetado por medio de transportadores neumáticos que entregan los envases al siguiente proceso que consiste en poner la etiqueta al envase vacío, después de haber colocado la etiqueta, el envase nuevamente es transportado en envase, al proceso de lavado, este proceso se realiza en una enjuagadora que inyecta agua y cloro a presión al interior del envase para eliminar cualquier elemento extraño que pueda contaminar el envase.

Posterior al lavado, se genera el proceso de llenado mediante una serie de válvulas diseñadas específicamente para este proceso; dichas válvulas llenan y dan el nivel adecuado a todos los envases que pasa en ese proceso, luego de ser llenados pasan al proceso de tapado, los envases pasan de la llenadora donde inmediatamente después de ser llenadas al nivel requerido son tapadas con un tapón hermético que permite que la bebida pueda mantener sus condiciones de calidad requeridas durante su vida útil estimada, dicha vida útil se indica o se enmarca en el proceso de codificado. Los envases ya codificados pasan al proceso donde son ordenados los envases en paquetes para su posterior paletizado y sean entregadas a producto terminado.

### **1.5. Diagrama de proceso**

Se observan varios procesos en el proceso general de envasado de bebidas carbonatadas, tratamiento de aguas, formulación de jarabes, proceso de carbonatación, proceso de embotellado como procesos principales. Cada proceso debe cumplir con todas las especificaciones técnicas de calidad que son definidas por la empresa, se enlistan 27 procesos de manera general o subprocesos de todo el proceso de envasado de bebidas carbonatadas, cada proceso debe cumplir con los requerimientos de calidad que son definidos por la empresa.

Tabla II. Diagrama de operación del proceso de embotellado



Fuente: elaboración propia.



## **2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

En el siguiente apartado se sustenta toda la base e importancia del por qué es necesario utilizar herramientas de manufactura esbelta, se detalla la manufactura esbelta, fundamento y definición, el objetivo, los beneficios, se presentan los cinco principios del pensamiento esbelto, entre otros.

### **2.1. Manufactura esbelta**

Se define como un enfoque sistemático para reducir los diferentes niveles de desperdicio generados en un proceso, mediante la aplicación de diferentes herramientas de mejora continua por todo el personal. Sistema que genera una ventaja competitiva que propicia el crecimiento de las ventas y de las utilidades. Reduce el tiempo de entrega, de procesamiento de productos y servicios, al igual que su administración.

#### **2.1.1. Fundamento y definición**

Producción esbelta significa hacer más con menos; en esencia, significa “Disminuir el esfuerzo humano a la mitad, los defectos a “Cero”, el espacio a la mitad produciendo igual cantidad y manteniendo el inventario en los procesos”. (p.36) Según Womack, Jones, Ross (1990).

La manufactura esbelta es una cultura donde día a día el equipo que conforma la cadena de valor, desde el gerente hasta el último empleado de planta hace de su comportamiento un hábito para la mejora continua y la solución a problemas.

Según Liker (2004), “manufactura esbelta” significa más dependencia de la gente, porque es la que hace que el sistema viva: trabajando, comunicando, resolviendo problemas y creciendo juntos”. (p.14). También puede definirse como una filosofía de trabajo para mejorar el tiempo de ciclo del proceso, a través de la eliminación de desperdicio, haciendo flexible la operación al ser más efectiva la cadena de valor. Es una filosofía de vida en la que se trabaja con actividades de valor agregado al negocio bajo un proceso de innovación y mejora continua.

### **2.1.2. Objetivo de la manufactura esbelta**

Díaz (2009), menciona: “Los principales objetivos de la manufactura esbelta es implementar una filosofía de Mejora Continua que permita a las compañías reducir costos, mejorar sus procesos y eliminar los desperdicios aumentando la satisfacción de los clientes y mantener utilidades”. (p.1)

Navarrete (2004) menciona que:

“Desarrollar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías eliminar los desperdicios en todas las áreas (Desde el departamento de compras de materias primas hasta el servicio al cliente, pasando por recursos humanos, finanzas, entre otros.). Manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más elevada, entrega más rápida a menor precio y en la cantidad requerida”. (p.22)

El objetivo que persigue la manufactura ágil o esbelta es definir qué actividades generan valor y que actividades no generan valor, de igual manera las acciones que si definitivamente no generan valor para lograr eliminar los 7 desperdicios + 1 de los procesos productivos.

Según Ohno (1998, pág.24) Específicamente, manufactura esbelta:

- Disminuye la cadena de desperdicios considerablemente
- Disminuye el inventario valorizado y el área de planta en producción
- Genera procesos de producción más ágiles y sólidos
- Desarrolla sistemas de abastecimiento más apropiados
- Mejora la ley *out* de distribución de líneas de producción para aumentar la flexibilidad

### **2.1.3. Beneficios de la manufactura esbelta**

La implementación de manufactura esbelta es importante en las diferentes áreas de los procesos industriales, genera resultados típicos en servicios y en la organización, según Womack y Jones (1996, pág.37) se logran los siguientes beneficios:

- 50 % de espacio utilizado en manufactura
- 70 % de la distancia recorrida por el producto durante el proceso
- 30 % del costo de todos los inventarios
- 50 % en el tiempo desde el pedido hasta la entrega
- 50 % en el tiempo de ciclo
- 30 % del costo del producto
- 50 % de defectos

### **2.1.4. El sistema de producción Toyota y sistema esbelto**

Según Liker (2004), "El sistema de producción Toyota es el enfoque de esta organización acerca de manufactura. Esta es la cimentación de la

“Producción esbelta”, que ha venido dominando las tendencias de la manufactura junto con las seis sigmas en los últimos 10 años”. (p.21)

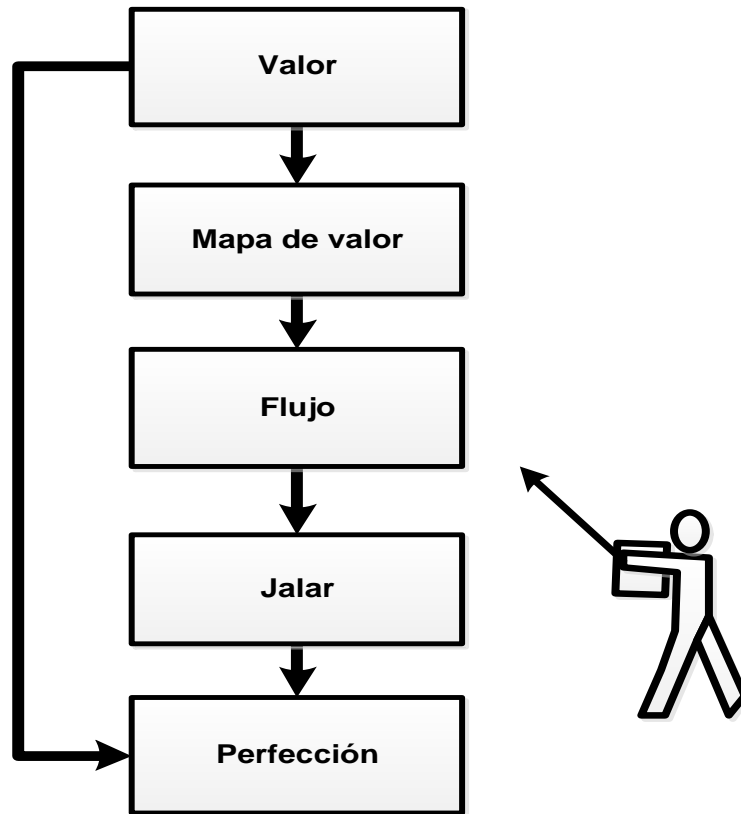
En muchas empresas donde se ha intentado implementar *Lean Manufacturing*, el gerente de operaciones, planta o manufactura no se involucra en el proceso día con día, lo cual es importante del sistema *Lean Manufacturing*. Esto provoca que la parte operativa del proceso no asuma como suyo el sistema que se trata de implementar, si no que por el contrario lo toman como una imposición.

Para lograr implementar el sistema es necesario según Womak y Jones (1996, pág.38) cumplir 5 pasos de la manufactura esbelta:

- Definir qué agrega valor para el cliente
- Definir y hacer el mapa de proceso
- Crear flujo continuo
- Que el consumidor “Jale” lo que necesita
- Perseverar por la excelencia y Lograr la perfección

Para ser una empresa ligera se necesita que el producto avance de manera constante en los procesos (flujo de proceso); un sistema que “Jale” en cada una de los puestos de trabajo que conforma el proceso, debe ser en tiempos cortos y sobre todo crear la cultura de la mejora continua en el colaborador.

Figura 1. **Cinco pasos de manufactura esbelta**

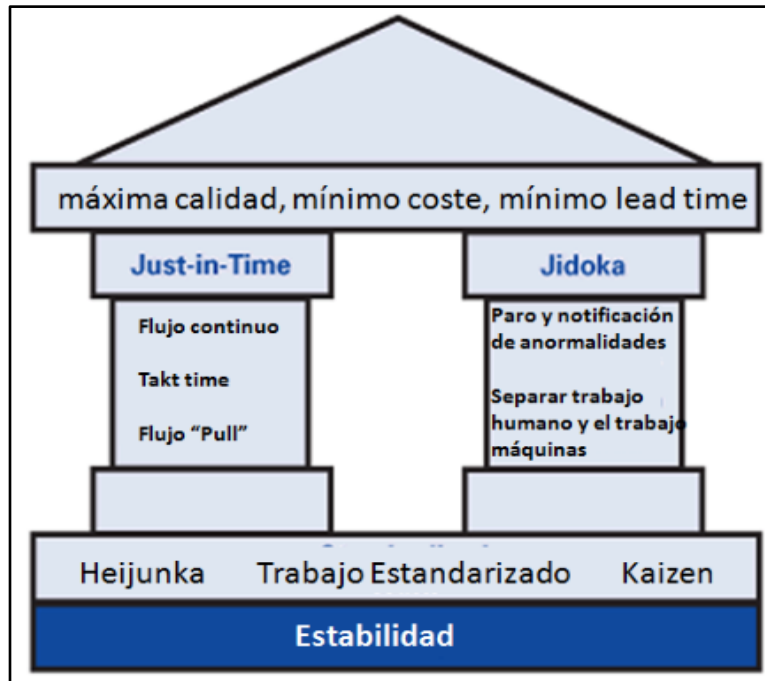


Fuente Manual de *Lean Manufacturing*, Guía básica 2007, pág. 18.

### 2.1.5. **La casa del sistema de producción Toyota**

Villaseñor (2007), menciona: “La Casa del sistema producción Toyota es un diagrama que se ha convertido en uno de los símbolos más reconocidos en la manufactura moderna”. (p.21) La casa inicia con las metas de la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega, la mayor seguridad y la más alta moral, cada elemento en la estructura del método es importante, ya que se entrelazan entre sí. Esta estructura está compuesta de varios elementos, ver figura 1.

Figura 2. Sistema de producción Toyota



Fuente: Adaptado *Lean* Lexicón 2008, pág. 105.

### 2.1.6. Pensamiento esbelto

La esencia en el proceso de planificación e implementación de un sistema de manufactura esbelta radica en el personal operativo que conforma la estructura plana de cualquier empresa, se indica de esta forma, ya que es más que un sistema de trabajo es un cambio de cultura en la corporación.

Según López (2006), menciona: "Lo que descubrieron los japoneses es: que es más que una herramienta de trabajo, se trata de un régimen de relaciones humanas. En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y

proactividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera un robot”. (p.22).

Es tradicional que a un empleado cuando opina o presenta una idea se le juzgue drásticamente y no se tome en cuenta su idea, a veces no se comprende que esa iniciativa u opinión puede estarle costando a la compañía mucho dinero. La metodología de manufactura esbelta no necesita jefes, requiere líderes generadores de cambio; líderes de servicio que presten soporte a la parte operativa en el cambio de cultura organizacional. Díaz (2009), menciona “Frecuentemente las organizaciones no se dan cuenta de todo el potencial de la manufactura esbelta, debido a que padecen del síndrome de raíces poco profundas” (p.5).

### **2.1.7. Los cinco principios del pensamiento esbelto**

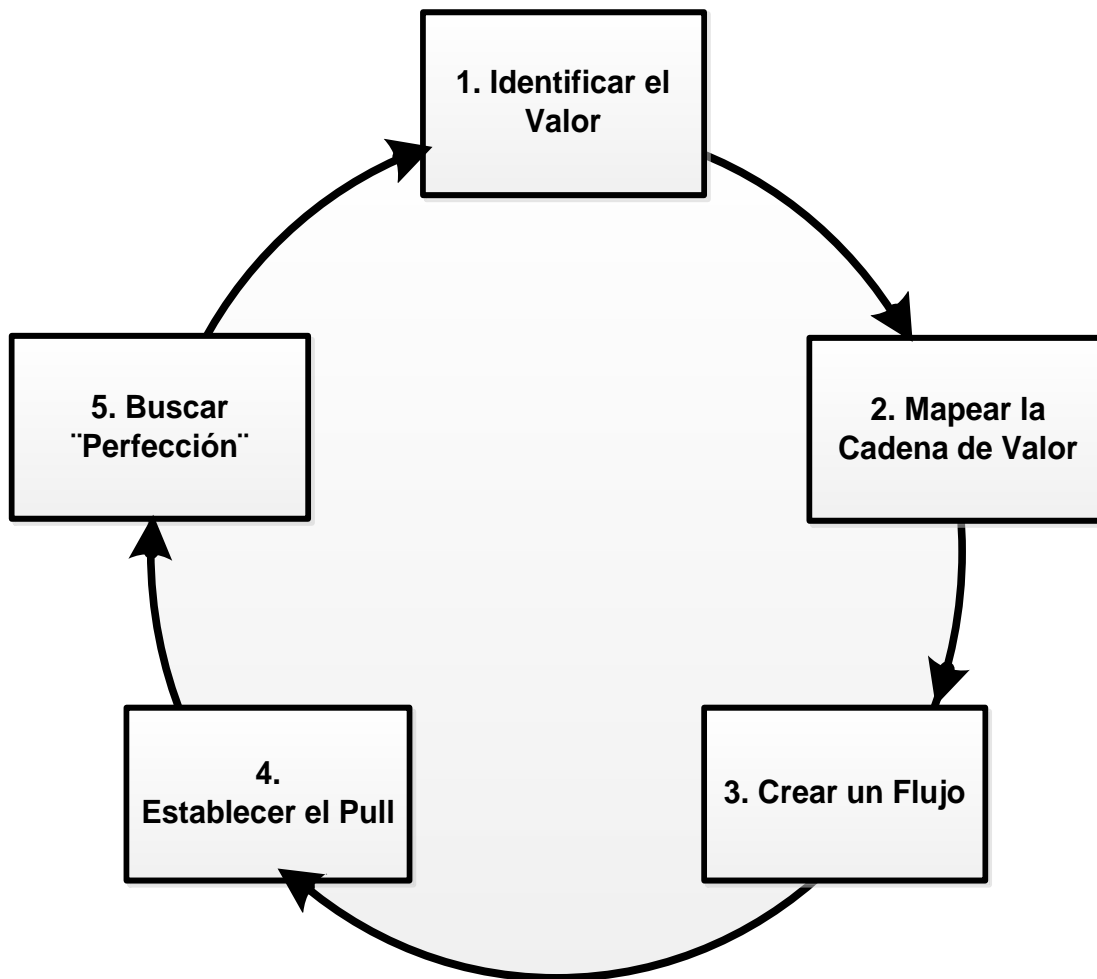
Womak y Jones (1996, p.38) resumen el pensamiento Esbelto en cinco principios:

- Especificar de forma precisa el valor por cada producto específico: la mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- Identificar el flujo de valor por cada producto: eliminar desperdicios simplificando actividades que no generan valor de las que si generan valor.
- Hacer que el valor fluya sin interrupciones: haz que todo el proceso de manufacture fluya constantemente, generando valor en toda la cadena de suministro.
- Dejar que el cliente jale el valor del productor: una vez sea constante el flujo, serán capaces de producir por órdenes de producción de los clientes en vez de producir por proyecciones o estacionalidades.

- Perseguir la perfección: una vez la empresa logre los primeros cuatro pasos, se tiene claridad para aquellos que están involucrados en el proceso lean, que sumar efectividad siempre es posible.

- 

Figura 3. **Cinco principios del pensamiento lean**



Fuente: [www.innovacion.gob.cl](http://www.innovacion.gob.cl)



### **2.1.7.1. Valor**

Cuando se aplica el sistema de producción Toyota, se inicia mapeando los procesos de manufactura desde la necesidad del cliente. La primera pregunta en este sistema de producción siempre es: “¿Qué es lo que el cliente interno o externo desea de este proceso?”

(Aplica a todos los clientes de las diferentes estaciones de trabajo en la línea de producción, como para los clientes externos). Socconni (2008), define valor como: “Lo que está dispuesto a pagar el cliente”. (p.16).

### **2.1.7.2. Desperdicio**

Todo aquello que genera pérdida a la empresa, Socconni (2008), menciona: “La mejor traducción de la palabra japonesa muda debería ser “Exceso”. Los 7 desperdicios más uno que afectan negativamente la productividad de los procesos, deben ser bien identificados para minimizarlos en la cadena de producción de las empresas.” (p.29).

Para entender qué es el desperdicio, es conveniente entender primero qué son actividades que generan valor. Normalmente se definen como acciones que producen directamente un cambio que el consumidor desea, desperdicio será cualquier otro esfuerzo ejecutado por la empresa que no sea absolutamente necesario para generar valor al producto o servicio tal como le solicita el cliente.

Socconni (2008, pág.29) clasifica en siete grandes grupos los desperdicios generados en un proceso productivo:

- Muda de exceso de producción

- Muda de exceso de inventarios
- Muda de rechazos, fallos y defectos
- Muda de transporte de materiales, herramientas y envíos
- Muda de sobre-procesamiento
- Muda de retrasos y paros
- Muda de desplazamientos y movimientos

## **2.2. Aprendiendo de manufactura esbelta**

Hasta el momento se han definido algunos conceptos como manufactura esbelta, desperdicio, valor, pensamiento esbelto y la clasificación de desperdicios, según Toyota. Lo que falta describir son las diferentes herramientas que conforman la estructura de la casa Toyota o el sistema TPS. Estas herramientas se describen a continuación:

### **2.2.1. Cimientos**

A continuación se describen los cimientos de la estructura de la casa Toyota, iniciando con el método *Heijunka*, asimismo una serie de pasos como el flujo continuo, los procesos estables y estandarizados, también se describe el mantenimiento productivo total y por último, la administración visual es un sistema de comunicación y control.

#### **2.2.1.1. *Heijunka***

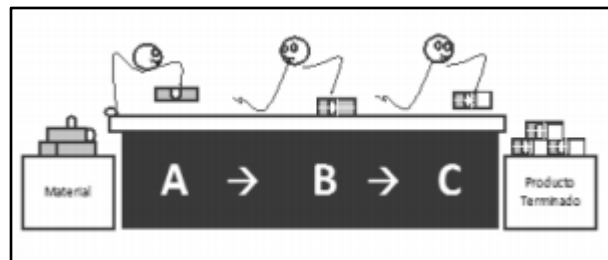
No varía la producción según la demanda del consumidor sino que se basa en ella para desarrollar una producción nivelada, a través de ajustar el mix que se va a fabricar a lo largo de la jornada. Si hay o no una pequeña variación en el producto solicitado por el cliente tal vez no se necesite este tipo de

herramienta. Villaseñor (2007), Define; *Heijunka* como un verdadero sistema de jalar en una fábrica” (pág.91).

### 2.2.1.2. Flujo continuo

Shock y Schoreder (2008, pág.10) definen: “Flujo continuo como producir y mover un elemento a la vez (o un pequeño y consistente lote de artículos), a través de una serie de pasos de procesamiento continuamente como sea posible, con cada paso toma solo lo que se solicitó por el siguientes paso”. El flujo continuo se puede lograr en un número de maneras, que van desde mover las líneas de montaje a las células operativas manuales. También se conoce como una sola pieza debe fluir, flujo de una sola pieza y hacer uno, mover uno.

Figura 4. Producción continua



Fuente: *Lean Lexicón* 2008, pág. 10.

### 2.2.1.3. Procesos estables y estandarizados

Según Villaseñor (2007), “Para que el flujo ocurra dentro de los procesos que agregan valor deben ser capaces de producir dentro del *takt time* y mejorar consistentemente el tiempo de ciclo de los elementos de trabajo asignados”. (p.58), esto quiere decir que todos los operadores deben trabajar de la misma

manera para darle estabilidad al proceso, a través de la estandarización de los procesos. El trabajo estándar es un conjunto de pasos que definen el mejor procedimiento y secuencia para cada proceso de producción.

#### **2.2.1.4. Mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total se asegura que cada equipo en la línea de producción tenga una alta disponibilidad para ser utilizada. El enfoque es que todos hacen mantenimiento para la conservación de la parte funcional de cada elemento que conforma el equipo. Villaseñor (2007, pág. 66) menciona las 3 metas importantes del TPM:

- Incrementa la efectividad global de la planta.
- Desarrollar un sistema de gestión de conservación industrial acorde a las necesidades de eficiencia mecánica y costos operativos.
- Integrar a todos los departamentos en la elaboración de estrategias y tácticas de conservación industrial.

En otras palabras, el TPM es una estrategia de manufactura para la implementación del mantenimiento oportuno y detectivo por todos los operadores de la empresa, quienes son los que conocen el proceso de manera más directa y conocen las causas específicas que estén ocasionando los defectos y desperdicios.

#### **2.2.1.5. Administración visual**

La fábrica y la administración visual es un sistema de comunicación de metas, objetivos y logros alcanzados en todos los procesos de producción de la planta en general. De hecho, se sustenta en la base de las 5's al más alto nivel,

ya que se genera un control por todos. Según Luna (2006), “Todos deben hacer la misma operación de la misma manera y en el mismo tiempo”. (p.44), Luna (2006, pág. 46) también define las metas de trabajo estandarizado:

- Definir claramente la interacción entre la gente y su ambiente de operación.
- Proveer una rutina detallada para desempeñar consistentemente el proceso.
- Eliminar toda clase de suposiciones en la operación.
- Compartir la experiencia del personal más capaz y experimentado.
- Mejorar lo que pueda mejorarse.
- Reducir los tiempos de entrenamiento y hacerlo más eficiente.

## **2.2.2. Pilares**

En el siguiente apartado se presentan los pilares del proceso de manufactura esbelta, se presenta la filosofía de Justo a Tiempo así como los cambios rápidos (*SMED*), la herramienta para controlar la información *Kanban* y por último, las herramientas de ordenamiento, clasificación, limpieza, estandarización y disciplina las 5's.

### **2.2.2.1. Justo a tiempo**

Es una filosofía de eliminación de todo lo que implique actividades que generen desperdicio en el proceso de producción, aplica a toda la cadena de valor. Luna (2006). Menciona que el justo a tiempo se define como: “Una filosofía de manufactura basada en la eliminación planeada de todo el desperdicio y el mejoramiento continuo de la productividad incluye la exitosa

ejecución de todas las actividades de manufactura requeridas para producir el producto final, desde el diseño hasta la entrega final.” (p.49).

#### **2.2.2.1.1. Cambios rápidos (SMED)**

Según Shingo (1997), “El término *SMED* se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos. Aunque cada preparación en particular no pueda literalmente completarse en menos de diez minutos, este es el objetivo del sistema”. (p.68).

Luna (2006) menciona:

Todos los procesos requieren de puesta a punto, cuando se cambia de una línea a otra y esta puesta a punto ya no solo se refiere al cambio de herramientas, ya que se puede requerir de cambio de materiales o accesorios; si se requiere tener flexibilidad de poder cambiar de un producto a otro de manera rápida y mantener el flujo continuo entonces se requiere tener cambios rápidos. (p.54)

#### **2.2.2.1.2. Kanban**

En la manufactura esbelta, *Kanban* es la herramienta indicada para controlar la información y regular el transporte de materiales entre los procesos de producción. *Kanban* es el corazón del sistema jalar. *Kanban* son tarjetas adheridas a los contenedores que almacenan producto o lotes de manera estándar. Según Villaseñor (2007, pág. 75) “*Kanban* significa “Tarjeta” o “Señal”. Se refiere al uso de tarjetas para el control de los inventarios en el sistema jalar”.

### 2.2.2.1.3. 5's

Las 5's son herramientas de ordenamiento, clasificación, limpieza, estandarización y disciplina. Socconni (2008). "Es un concepto que hace referencia a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras; en otras palabras, es una herramienta que le imprime filosofía de vida al trabajo". (p.36) es una estrategia de trabajo orienta a cualquier empresa que está en la búsqueda de calidad total en sus procesos productivos.

Las 5's son términos japoneses que diariamente se ponen en práctica, pero que no corresponden exclusivamente a la cultura japonesa, las 5's son:

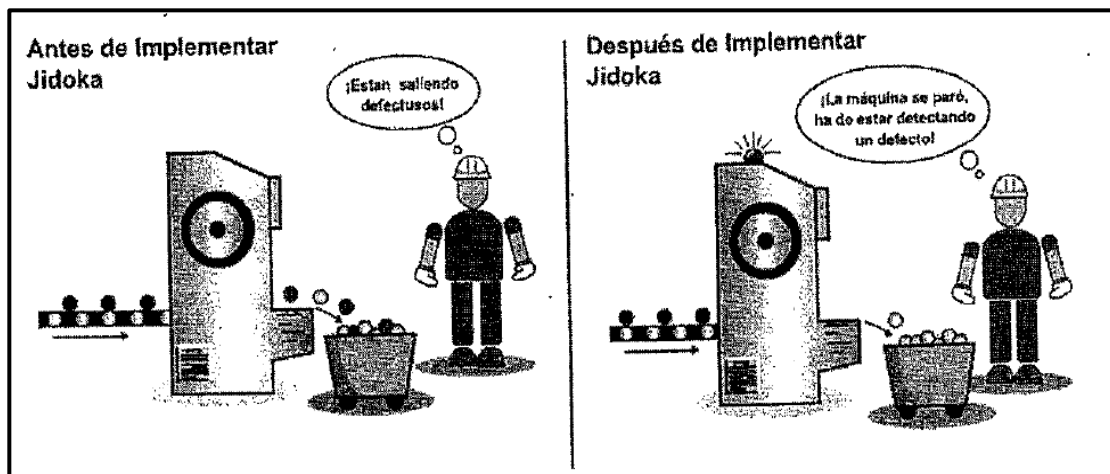
- *Seiri*: organizar
- *Seiton*: ordenar
- *Seiso*: limpiar
- *Seiketsu*: estandarizar
- *Shitsuke*: disciplinar

### 2.2.2.2. Jidoka

Los operadores tienen la capacidad de detectar una falla en la máquina o en el proceso, de la misma manera pueden parar el proceso de manera inmediata dependiendo de la gravedad de la falla detectada. Jones y Womak (2008, pág. 96) definen "*Jidoka* es uno de los dos pilares del sistema de producción de Toyota a lo largo con *just-in-time*. *Jidoka* destaca las causas de los problemas, porque el trabajo se detiene inmediatamente cuando se produce un problema en primer lugar". Esto conduce a mejoras en los procesos que se basan en la calidad mediante la eliminación de causas profundas de defectos.

*Jidoka* a veces se llama automatización, es decir, la automatización con la inteligencia humana. Esto es porque se da al equipo capacidad de distinguir las fallas de proceso de una manera autónoma, sin ser necesarias la supervisión por un operador. Esto elimina la necesidad de operadores para observar continuamente las máquinas y provoca a su vez grandes aumentos de la productividad, debido a un operador puede manejar varias máquinas. Ver. Figura 4.

Figura 5. Evolución de trabajo aplicando *Jidoka*



Fuente: Manual *Lean Manufacturing* 2005, pág.72

#### 2.2.2.2.1. Andón

Una herramienta de gestión visual que pone de manifiesto el estado de las operaciones en un área con una sola mirada y da señales cada vez que ocurren anomalías en el proceso. Jones y Womak definen (2008, pág. 102) definen. "Un andón puede indicar el estado de la producción (por ejemplo, qué máquinas están operando), una anomalía (por ejemplo, qué máquina está inactiva, un



problema de calidad, fallas de herramientas, los retrasos del operador y escasez de materiales) y las medidas necesarias de tales cambios”.

Un Andón también se puede utilizar para visualizar la trayectoria de la producción en términos del número de unidades programadas contra la producción ejecutada. Un Andón típico, que es el término japonés para "Lámpara", es un letrero en el techo con filas de números que corresponden a estaciones de trabajo o máquinas.

Un número se ilumina cuando un problema es detectado por un sensor de la máquina, que dispara automáticamente la luz adecuada o por un operador que tira de una cuerda o empuja un botón. El número iluminada convoca a una respuesta inmediata del jefe de equipo.

#### **2.2.2.2.2. Poka Yoke**

Jones y Womak (2008, pág. 106) definen “Métodos que ayudan a los operadores a evitar errores en su trabajo, provocadas por movimientos equivocados o por partes del proceso adelante y atrás.”

También se llama error-impermeabilización, *Poka-Yoke* (error *proofing*) y *Baka-Yoke* (a prueba de tontos)”. El término *Poka Yoke* proviene de las palabras japonesas “*Poka*” (error inadvertido) “*Yoke*” (Prevenir); lo que significa que cualquier dispositivo *Poka Yoke* es cualquier tipo de mecanismo sencillo que ayuda a prevenir errores antes de que sucedan.

### **2.2.3. Centro de *Lean Manufacturing***

Para completar el apartado sobre la manufactura esbelta, después de analizar los Cimientos de los Pilares, es importante describir el Centro de la manufactura esbelta que se compone básicamente del proceso *Kaizen*, que se describirá a continuación.

#### **2.2.3.1. *Kaizen***

Jones y Womak (2008, pág. 110) definen: “La mejora continua de toda la cadena de valor, de procesos individuales para crear más valor con menos desperdicios”.

Villaseñor (2007). Define: “Es el proceso para hacer mejoras incrementales, no importa lo pequeñas que sean y alcanzar las metas de *Lean Manufacturing* de eliminar todos los desperdicios, que generan un costo sin agregar valor”. (p.85).

*Kaizen* enseña a desempeñarse de manera ordenada y efectiva a equipos multidisciplinarios, documentando soluciones a problemas, mejorando los procesos, recopilando y ejecutando análisis de datos para tomas de decisiones efectivas.

*Kaizen* permite llevar controles prácticos de ejecución a soluciones de mejora continua que pueden ser detectadas por otra metodología, la participación activa del equipo es muy importante, de esto dependen los resultados de las herramientas de mejora continua. Por esta razón, es el centro de la casa Toyota el “Individuo” es la fuerza motriz para implementar cualquier herramienta de mejora continua.

### **3. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **3.1. Inicio en la implementación de *Lean Manufacturing***

En la parte experimental de campo, se analizó el conocimiento en la metodología *Lean Manufacturing*, se detalló la situación actual del proceso de embotellado para determinar y saber qué es lo que realmente sucede en el proceso; se recopiló en un mapa de valor el flujo correspondiente para saber el tiempo de ciclo del proceso y el nivel de desperdicio generado. El último paso de la parte experimental llevó a implementar en el área piloto cuatro herramientas de manufactura esbelta que son: *Heijunka, Kaizen, Poka Yoke* y *Jidoka*, todo en función de la situación actual que refleja el nivel de desperdicio registrado en la tabla V.

##### **3.1.1. Evaluación a operadores frente a las herramientas de *Lean Manufacturing***

En la fase de evaluación de operadores se tiene como objetivo saber qué conocimiento tiene el personal operativo y la preparación que se tiene para implementar herramientas de manufactura esbelta, para saber el alcance de la operación se desarrolla un procedimiento de evaluación con el correspondiente desarrollo y aplicación de un cuestionario de evaluación *Lean Manufacturing*, ver anexo. Las herramientas *Lean Manufacturing* consideradas a implementar para el mapa de valor del estado actual y el enfoque de desperdicio de envases que es un desperdicio puntual para el caso de estudio y el Marco Teórico de referencia, da una visión de que las herramientas afines a aplicar para dicho

estudio son: *Heijunka* o producción nivelada, *Kaizen*, *Poka Yoke* y *Jidoka*, estas de carácter obligatorio para reducir el desperdicio de manera constante.

En la tabla III, se muestran los resultados del conocimiento de los operadores respecto a las herramientas *Lean Manufacturing*:

Tabla III. **Conocimiento de la empresa sobre herramientas *Lean Manufacturing***

Sección	Punteo/Sección	# De Pregunta	Promedio De Sección	% De Sección	Impacto Estratégico	Meta Por Sección
1,0 Inventarios	2	3	0,67	17 %	12,0 %	92,3 %
2,0 Equipos	11	6	1,83	46 %	11,0 %	84,6 %
3,0 Proceso	10	6	1,67	42 %	11,0 %	84,6 %
4,0 Mantenimiento	11	5	2,20	55 %	8,0 %	61,5 %
5,0 Distribución	7	5	1,40	35 %	11,1 %	85,5 %
6,0 Proveedores	5	5	1,00	25 %	10,0 %	76,9 %
7,0 Configuración	2	3	0,67	17 %	11,1 %	85,5 %
8,0 Calidad	4	4	1,00	25 %	13,0 %	100,0 %
9,0 Planificación	7	3	2,33	58 %	13,0 %	100,0 %
				<b>SUM:</b>	<b>100 %</b>	
				<b>MAX:</b>	<b>13,0 %</b>	

Fuente: <http://strategosinc.com>

### 3.1.2. **Generando el conocimiento de *Lean Manufacturing***

Antes de iniciar con el desarrollo del trabajo de campo, se capacitó a la alta Dirección sobre la metodología *Lean Manufacturing* y los beneficios que se tendrían en su implementación, el objetivo de capacitar a los directivos es lograr el convencimiento sobre la aplicación y el soporte hacia su desarrollo dentro de la operación, de esta manera se logró tener el soporte para el desarrollo de la investigación y dar a conocer los beneficios de dicha implementación, se capacitó también a mandos medios y parte operativa acerca de la nueva metodología de trabajo.

## **3.2. Situación actual**

Uno de los importantes puntos a definir antes de implementar herramientas de manufactura esbelta es definir la situación actual, por lo tanto, con lo aprendido acerca de las herramientas *Lean Manufacturing*, en seguida se presenta la situación actual como sigue.

### **3.2.1. Revisión en piso (*Gemba*)**

Uno de los pasos principales de la manufactura esbelta antes de su desarrollo y según su definición es el *Gemba*, que quiere decir revisión en sitio, nada se compara con estar observando el lugar de los hechos. No solo para definir el punto cero o línea base del análisis sino para resolver cualquier tipo de deficiencia que se tenga en el proceso.

Para el caso de estudio fue necesario revisar el plan de producción y ver la disponibilidad de la línea de producción para su revisión, esto debido a que el área de estudio está en serie al proceso productivo, se logra observar que la producción se ejecuta por *batch*, según el programa semanal de producción; esto con el objetivo de hacer corridas largas y no generar pérdidas de capacidad por cambios de formato.

La capacidad de la línea de producción está en función de la velocidad promedio que indica el manual de diseño de los equipos, el porcentaje de aprovechamiento debe ser de un 85 % como mínimo definido por la empresa, la velocidad está medida en botellas por minuto. La capacidad mensual de la línea está definida por el mix de productos que se producen, esto quiere decir las diferentes presentaciones de envases y sabores que se manejen, para este caso solo se estudia el formato 0,360 ml de volumen por envase.

La materia prima e insumos generales se piden de acuerdo a la cantidad programada de producción, algunas veces se generan microparos por falta de material o la mala calidad de los mismos, estos materiales son llevados al área productiva con montacargas cada vez que se solicita.

Se observa en el proceso que se genera desperdicio de materia prima para la formación de botellas desde el proceso de soplado, debido a descuidos operativos por falta de supervisión del proceso de soplado, posterior a ello en el área de etiquetado se observa el desperdicio de envases por mal etiquetado o por atoramiento de envase a la entrada de la etiquetadora.

Dentro de los procesos no se cuenta con procedimientos establecidos que permitan generar un menor desperdicio e envases, depende específicamente la operación de la habilidad de cada operador lo que ocasiona diferentes tiempos de ciclo o velocidades de operación.

Las herramientas de trabajo de los operadores no son estándar para cada turno y no son las adecuadas para ajustar los equipos cuando lo requieren, no se tiene comunicación efectiva entre los supervisores y operadores según los diferentes puestos de trabajo, ocasionando desnivelación de la producción y falta de constancia.

En el proceso de llenado se observa que los operadores no ejecutan un proceso estándar de producción, manejan la operación a diferentes velocidades, parámetros de presión, esta diferencia y falta de procedimientos no aporta a la productividad de la empresa, ocasionando desperdicio de envases, dentro del proceso de llenado se observa que ya el envase va etiquetado y hay otros procesos que complementan el producto final, tales como el proceso de colocar la tapa y el control de nivel de llenado de bebida,

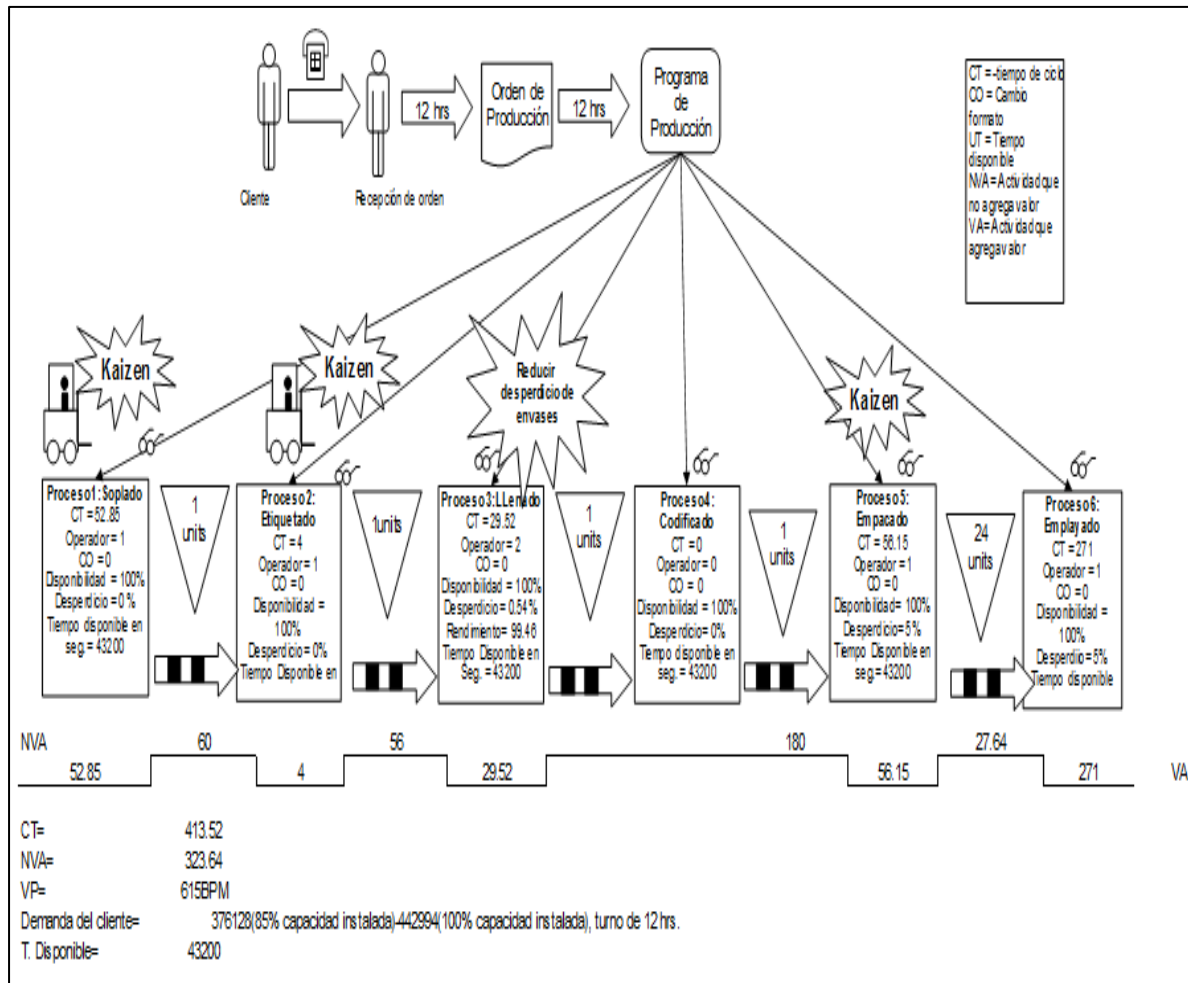
esto ocasiona un desperdicio adicional de estos insumos, si se desperdicia el envase al momento de no hacer bien el proceso de llenado.

En el transporte del proceso de llenado a empacado se observa que el operador descarta algunas envases por falta de sellado, etiqueta y bajo nivel de llenado, siendo estos envases partes del desperdicio, este efecto se ve debido a que no se corrige desde la sala de llenado.

Para conocer de mejor manera la situación actual del desperdicio de envases en el proceso de llenado y en general el proceso de embotellado, se desarrolló como punto de partida un mapa de valor de todo el proceso de embotellado. En el VSM actual donde se logra identificar el flujo del proceso de embotellado, el tiempo de ciclo a la cual se mueve el envase, la disponibilidad de los equipos, el número de operadores en el proceso, cual es la velocidad de producción o a la que el cliente compra, la capacidad del sistema de producción. Se logra identificar también el indicador de desperdicio de envases en este mapa. Ver VSM de situación actual.

Para identificar el desperdicio de envases en la sala de llenado se utilizaron hojas de verificación que ayudaron a identificar las causas, frecuencia de ocurrencia y cantidad de envases perdidos, también se identifican las variables velocidad, temperatura y presión de máquina, como posibles causas de desperdicio. Previo a la aplicación de las hojas de verificación se capacitó a los operadores y supervisores de producción en el procedimiento de registro y levantamiento de esta información. Ver muestra de hoja de verificación.

Figura 6. VSM actual de proceso de embotellado



Fuente: elaboración propia.



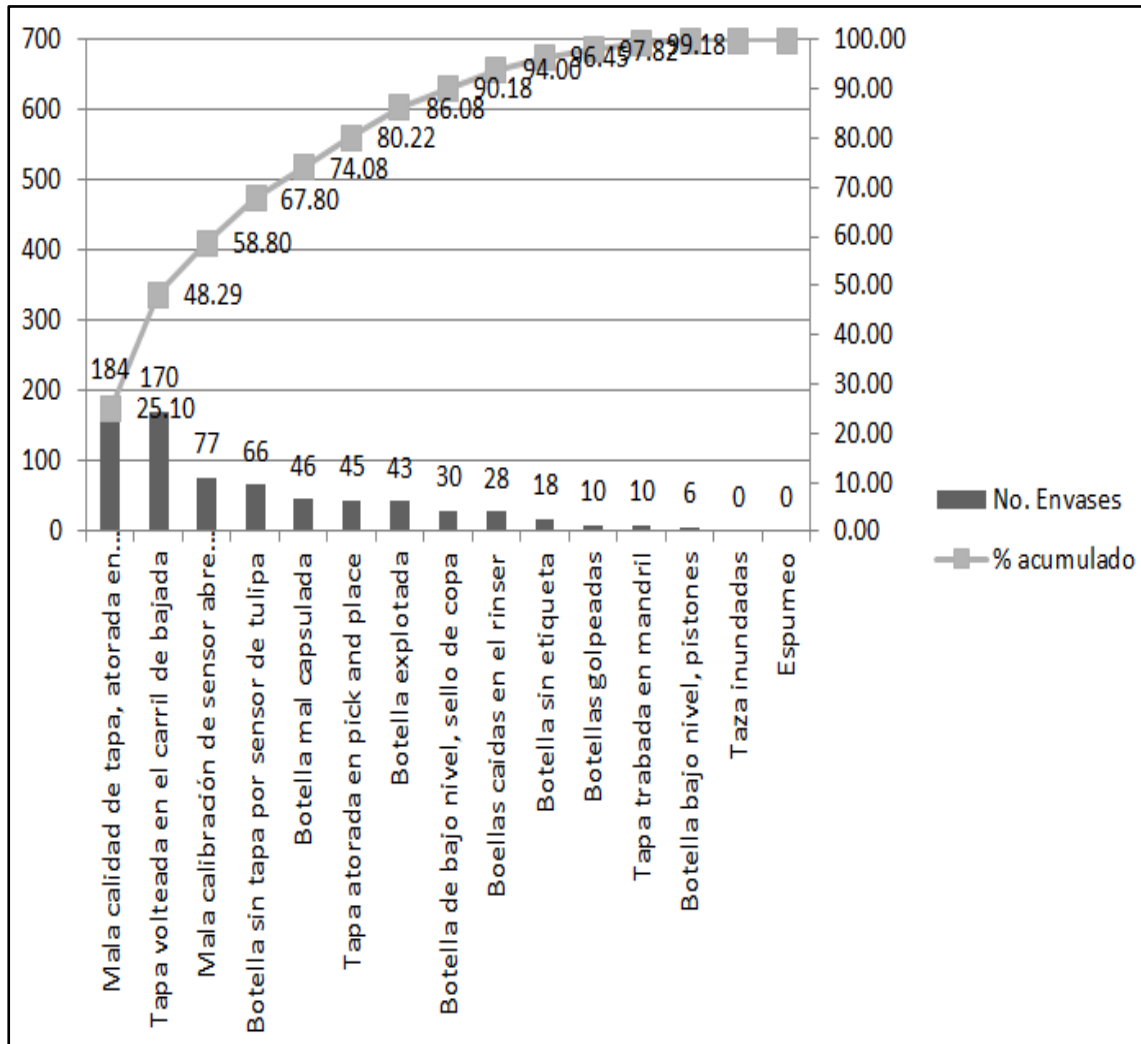
Tabla IV. Hoja de verificación situación actual

HOJA DE VERIFICACIÓN DESPERDICIO DE BOTELLA- LEAN MANUFACTURING														
Operador		Vemix					Formato: 0.36					Turno:		
Fecha:		14/08/2014					Sabor: Cifrut					Día		Noche
												X		
Fecha: 14/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Formato: 0,360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63	42,63
Turno : Diurno	BPM	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615
CAUSAS	No. Veces													Total
Tapa al revés en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre válvulas, botella vacía		8	3		2	3		1			1	5	2	2
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas		1					12							12
Botella sin tapas por sensor de tulipas		9	1	6	3	1				1	1	4	3	1
Botella explotada		5		1	1				1		8	9		20
Botellas golpeadas														0
Botellas caídas en rinser														0
Botellas mal capsuladas		7	1	2		2				2		6	2	1
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta		1			3									3
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	91
Total Cajas		240	600	780	720	540	720	720	540	720	720	720	684	7704

Fuente: elaboración propia.

En la hoja de verificación, se logra identificar de la misma manera el número de cajas producidas por hora y la tendencia de acuerdo a la velocidad establecida en la operación. Se muestra en una gráfica el comportamiento de la producción en un turno de 12 hrs. ver figura 8. Para ordenar e identificar las causas potenciales de desperdicio registradas mediante la hoja de verificación se aplica el diagrama de Pareto, se muestra a continuación el resumen de dicho levantamiento. Ver figura 7 y tabla V.

Figura 7. Pareto de envases-causas situación actual



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Resumen de causas estado actual**

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Mala calidad de tapa, atorada en carril de tapas	184	25,10	25,10
Insumo	Tapa volteada en el carril de bajada	170	48,29	23,19
Mano obra	Mala calibración de sensor abre válvulas	77	58,80	10,50
Mano de Obra	Botella sin tapa por sensor de tulipa	66	67,80	9,00
Máquina	Botella mal capsulada	46	74,08	6,28
Máquina	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	45	80,22	6,14
Insumo	Botella explotada	43	86,08	5,87
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	30	90,18	4,09
Máquina	Botellas caídas en el rinser	28	94,00	3,82
Mano de obra	Botella sin etiqueta	18	96,45	2,46
Máquina	Botellas golpeadas	10	97,82	1,36
Insumo	Tapa trabada en mandril	10	99,18	1,36
Máquina	Botella bajo nivel, pistones	6	100,00	0,82
Mano de obra	Taza inundada	0	100,00	0,00
Máquina	Espumeo	0	100,00	0,00
	TOTAL	733		

Fuente: elaboración propia.

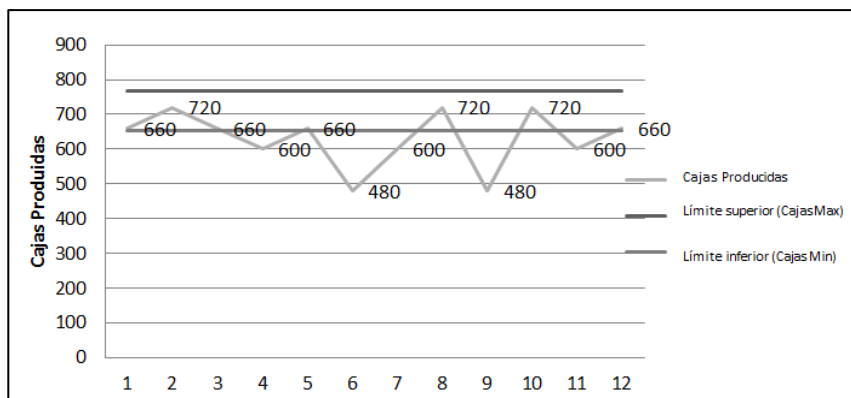
En tabla V se adjunta resultados parciales del desperdicio de botellas observado y registrado mediante la hoja de verificación *Lean Manufacturing (Jidoka)*, el resultado representa la situación actual sin modificar una de las variables representativas como lo es la velocidad de operación.

Se observa que el desperdicio en un tiempo medido de 3 días es de 733 botellas para una población de 1 296,000 botellas, si se realiza una proyección para 30 días de producción, se estarían perdiendo un total de: 7 330 botellas/mes, en un año el desperdicio proyectado será de 87 690, no se está considerando para la evaluación el desperdicio generado en soplado, etiquetado y empacado por lo que esta proyección puede ser mayor.

De la misma manera en el diagrama de Pareto, se define que el 80 % de desperdicio es ocasionado por el 20 % de las causas como: tapa trabada en carril de bajada, mala calibración de sensores de abre válvulas, botella sin tapa por sensor de tulipa por indicar algunas.

Se observa que la tendencia de cajas producidas por horas para un turno programado de 12 horas tiene mucha variación, se muestra que el comportamiento se sale de los límites que define la corporación en la mayoría de horas de trabajo programadas.

Figura 8. **Comportamiento de producción a una velocidad de 615 BPM**



Fuente: elaboración propia.

### **3.2.2. Evaluación de manufactura esbelta**

Para dar inicio a implementar un sistema de administración de manufactura esbelta es importante conocer en qué situación actual se encuentra la empresa o cuánto es el conocimiento que se tiene acerca de dicha metodología, para la compañía donde se realizó el ensayo se aplicó una evaluación inicial (*Lean Assessment*), evaluación que da un diagnóstico preliminar de qué tan ligera es la empresa en toda su cadena productiva, se evalúa ya que es importante para saber qué herramientas de la metodología se deben ejecutar al momento de identificar el nivel de desperdicio que se genera en toda la cadena productiva.

La evaluación de manufactura esbelta debe aplicarse constantemente para saber en qué nivel se mantiene a medida que se va entendiendo y aplicando los diferentes tipos de herramientas que conforman la metodología, la evaluación se realizó integrando a los mandos a cargo de cada departamento, el objetivo es que todos participen y desde allí se genera la sinergia para reconocer que existen áreas de oportunidad que contribuirán al crecimiento de la productividad de la compañía, a continuación se presenta dicha evaluación, se tradujo dicha evaluación sin cambiar su formato por no ser de autoría propia, en la tabla VI se muestran los resultados de cada una de las categorías que maneja la cadena de valor, en la figura 9 se muestran los resultados.

Tabla VI. Evaluación de manufactura esbelta

1.0	Inventario	Respuesta	
1.1	Para las categorías de productos terminados, productos en proceso (WIP) y materias primas/insumos, ¿Qué proporción de los mandos medios y altos pueden determinar el uso de cada uno su rotación?	0 %-6 %	
		7 %-55 %	x
		56 %-80 %	
		81 %-93 %	
		94 %-100 %	
1.2	¿Cuál es el índice de rotación de inventario, incluyendo producto terminado, producto de proceso (WIP) y materias primas/insumos?	0-3	x
		4-6	
		7-12	
		13-24	
		25+	
1.3	¿Cuál es el índice de rotación respecto al índice de rotación promedio del mismo tipo de empresa?	<=1,0	
		1,1-2,0	x
		2,1-4,0	
		4,1-8,0	
		8,1+	
2.0	El equipo de trabajo	Respuesta	
2.1	¿Cuál es su tipo de organización?	Autoritario	
		Burocrática	
		Consultiva	x
		Democrática/Participativa	
		Altamente democrática/participativa	
2.2	¿Cómo los trabajadores de piso son recompensados?	Incentivos Individuales	
		Salario por horas	
		Incentivos grupales	x
		Salario base	
		Salario base + bono Anual	
2.3	¿Cuál es la seguridad de empleo en la empresa?	Despidos continuos de personal	
		Traslado de personal	
		Muy pocos despidos de personal	x
2.4	¿Cuál es la rotación anual de personal?	31 %+	
		14 %-30 %	
		7 %-11 %	
		3 %-6 %	x
		0 %-2 %	

Continuación de la tabla VI.

2.5	¿Qué porcentaje del personal (Todo el personal) ha recibido al menos 8 horas de capacitación de trabajo en equipo?	<5 %	x
		6 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-90 %	
		91 %-100 %	
2.6	¿Qué porcentaje del personal son miembros activos del trabajo en equipo, equipos de calidad o equipos de solución de problemas?	<5 %	x
		6 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-90 %	
		91 %-100 %	
3.0	<b>Proceso</b>	<b>Respuesta</b>	
3.1	¿Cuántas máquinas de gran escala o máquinas de procesos específicos tienen en las cuales más del 50% del producto tenga que pasar?	4+	x
		3	
		2	
		1	
		0	
3.2	¿En qué escala existe riesgo de desviación en procedimientos establecidos?	<b>Gran Escala</b>	x
		<b>Mediana Escala</b>	
		<b>Pequeña escala</b>	
3.3	¿Qué tan fácil cambia de salida de proceso cuando se realiza un cambio de proceso?	<b>Difícilmente</b>	
		<b>Moderadamente difícil</b>	
		<b>Fácilmente</b>	x
3.4	¿Es fácil para cambiar la tasa de producción total en un +/- 15 %?	<b>Difícilmente</b>	
		<b>Moderadamente difícil</b>	
		<b>Fácilmente</b>	x
3.5	¿Cuál es el objetivo de capacidad de operación de la maquinaria o departamentos?	<b>96 %-100 %</b>	x
		<b>91 %-95 %</b>	
		<b>86 %-90 %</b>	
		<b>76 %-85 %</b>	
		<b>50 %-75 %</b>	
3.6	¿Cómo evalúa en nivel de tecnología respecto a las desviaciones de proceso?	<b>Tecnología compleja</b>	
		<b>Mezcla de Tecnologías</b>	x
		<b>Tecnología Simple</b>	

Continuación de la tabla VI.

<b>4.0</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Response</b>	
<b>4.1</b>	Se cuenta con los registros y datos de los equipos. Incluya los registros de actividades, historial de reparaciones y repuestos. (Manuales de reparación y catálogos de repuestos).	<b>No existen</b>	
		<b>Medianamente completo</b>	<b>X</b>
		<b>Completo y específico</b>	
<b>4.2</b>	Sin contar obras en construcción o proyectos, ¿Qué porcentaje de horas se utilizan en actividades correctivas?	<b>71 %-90 %</b>	
		<b>51 %-70 %</b>	
		<b>26 %-50 %</b>	<b>X</b>
		<b>11 %-25 %</b>	
		<b>0 %-10 %</b>	
<b>4.3</b>	¿Tiene mantenimiento un plan de preventivo y lo ejecuta?	<b>No hay MP</b>	
		<b>1 %-10 % Cobertura</b>	
		<b>11 %-30 % Cobertura</b>	
		<b>31 %-90 % Cobertura</b>	<b>X</b>
		<b>91 %+ Cobertura</b>	
<b>4.4</b>	¿Existen paros que interrumpan la producción?	<b>Frecuentemente</b>	
		<b>Ocasionalmente</b>	<b>X</b>
		<b>Raramente</b>	
<b>4.5</b>	¿Cuál es la disponibilidad promedio general de equipos de la planta?	<b>Desconocida</b>	
		<b>0 %-75 %</b>	
		<b>76 %-90 %</b>	<b>X</b>
		<b>91 %-95 %</b>	
		<b>96 %-100 %</b>	
<b>5.0</b>	<b>Distribución de bodega</b>	<b>Response</b>	
<b>5.1</b>	¿Qué porción de espacio total se utiliza para el almacenamiento y manejo de materiales?	<b>71 %-100 %</b>	<b>X</b>
		<b>46 %-70 %</b>	
		<b>30 %-45 %</b>	
		<b>16 %-30 %</b>	
		<b>0 %-15 %</b>	
<b>5.2</b>	¿Qué porción del espacio de la planta está organizada por función o tipo de proceso?	<b>71 %-100 %</b>	
		<b>46 %-70 %</b>	<b>X</b>
		<b>30 %-45 %</b>	
		<b>16 %-30 %</b>	
		<b>0 %-15 %</b>	



Continuación de la tabla VI.

5.3	¿Cómo caracterizaría el movimiento de material?	Cargas más grandes que pallet, largas distancias, patrones de flujo complejos, confusión, pérdida de material.	
		Mayoría de cargas de normal tamaño, distancias intermedias	X
		Cargas pequeñas, distancias cortas, flujos directos y fáciles.	
5.4	¿Cómo calificaría el servicio de limpieza general y la apariencia de la planta?	Sucia, desordenada	
		Ocasionalmente sucia y desordenada	X
		Impecable, aseado y ordenado	
5.5	¿Cómo podría un extraño caminando a través de su planta de identificar los procesos y su secuencia?	Imposible identificar cualquier secuencia lógica o flujo.	
		La mayoría de los procesos son evidentes con algún estudio. La mayoría de las secuencias son visibles.	X
		Los procesos y sus secuencias son inmediatamente visibles.	
6.0	<b>Proveedores</b>	<b>Respuesta</b>	
6.1	¿Cuál es el número de proveedores capaz de abastecer cada materia prima o artículo comprado?	2,5+	X
		1,6-2,4	
		1,3-1,7	
		1,2-1,4	
		1,0-1,1	
6.2	En promedio, ¿Cada cuánto, en meses, se utilizan los artículos ingresados?	1-11	X
		12-17	
		18-23	
		24-36	
		36+	

Continuación de la tabla VI.

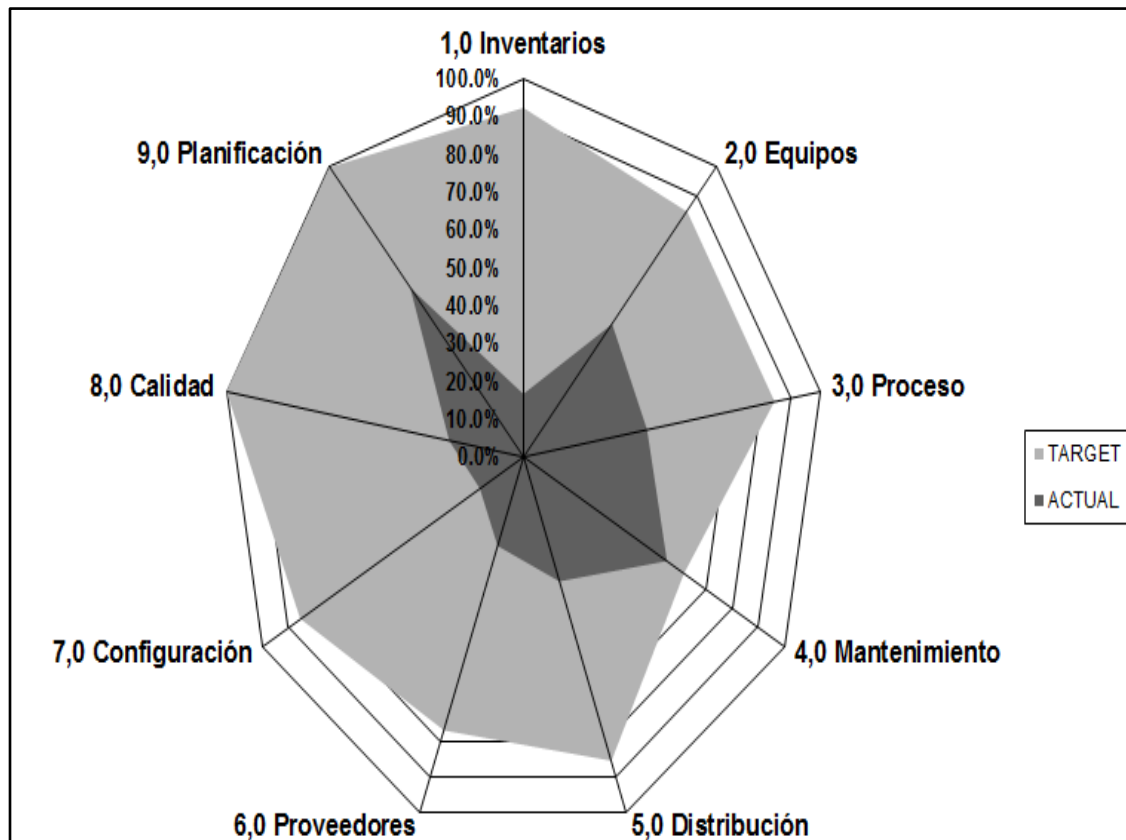
<b>6.3</b>	¿Qué parte de la materia prima y las piezas compradas proviene de proveedores calificados, sin necesidad de inspección de entrada?	0 %	
		1 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		70 %-100 %	<b>X</b>
<b>6.4</b>	¿Qué parte de la materia prima y los artículos comprados se entrega directamente al punto de uso sin inspección o almacenamiento?	0 %	<b>X</b>
		1 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		70 %-100 %	
<b>6.5</b>	¿Qué porción de las materias primas y las piezas compradas se entrega más de una vez a la semana?	0 %	
		1 %-10 %	<b>X</b>
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		70 %-100 %	
<b>7.0</b>	<b>Configuración</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>7.1</b>	¿Cuál es el tiempo promedio general de puesta a punto o configuración (en minutos) para el equipo principal?	61+	<b>X</b>
		29-60	
		16-30	
		10-15	
		0-9	
<b>7.2</b>	¿Qué parte de los operadores de máquinas han tenido entrenamiento formal en técnicas de puesta a punto o arranque?	0 %	<b>X</b>
		1 %-6 %	
		7 %-18 %	
		19 %-42 %	
		43 %-100 %	
<b>7.3</b>	¿Hasta qué punto están los gerentes y trabajadores están midiendo el rendimiento de la planta?	No se realiza	
		Se revisa de forma informal	<b>X</b>
		Se realiza la medición formal del rendimiento	

Continuación de la tabla VI.

<b>8.0</b>	<b>Calidad</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>8.1</b>	¿Qué parte del total de empleados han recibido formación básica de control estadístico de proceso (SPC)?	0 %-6 %	
		7 %-55 %	<b>X</b>
		56 %-80 %	
		81 %-93 %	
		94 %-100 %	
<b>8.2</b>	¿Qué parte de las operaciones son evaluados con control estadístico de procesos (SPC)?	0 %	<b>X</b>
		1 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		71 %-100 %	
<b>8.3</b>	¿Qué porcentaje de actividades SPC son realizadas por el operador en lugar del ingeniero de calidad o de procesos?	0 %	<b>X</b>
		1 %-10 %	
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		71 %-100 %	
<b>8.4</b>	¿Cuál es la ratio general de defectos?	0 %	
		1 %-10 %	<b>X</b>
		11 %-30 %	
		31 %-70 %	
		71 %-100 %	
<b>9.0</b>	<b>Control y Planificación</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>9.1</b>	¿Qué parte del trabajo fluye directamente en el proceso sin almacenamiento intermedio? (Operaciones continuas)	0 %	
		1 %-10 %	
		11 %-35 %	
		36 %-85 %	
		86 %-100 %	<b>X</b>
<b>9.2</b>	¿Qué proporción del trabajo en proceso es controlado por el <i>Kanban</i> ?	0 %	<b>X</b>
		1 %-10 %	
		11 %-35 %	
		36 %-85 %	
		86 %-100 %	
<b>9.3</b>	¿Cuál es el porcentaje de entregas a tiempo?	0 %-50 %	
		51 %-70 %	
		71 %-80 %	
		81 %-95 %	<b>X</b>
		95 %-100 %	

Fuente: <http://strategosinc.com>.

Figura 9. Resultado de evaluación de manufactura esbelta



Fuente: <http://strategosinc.com>

En la figura 9 se observa el nivel de conocimiento o aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, en donde los picos de color gris oscuro son los objetivos que debe plantearse la empresa, los picos negros son los niveles de aplicación actuales en una escala de 0 a 100 %. También se muestra en la gráfica que se tiene poco conocimiento respecto a la aplicación de las herramientas *Lean Manufacturing*, se muestra un área de oportunidad muy grande respecto al nivel de desperdicio que se genera en la cadena de valor de la empresa, se nota que la gestión de manufactura es tradicional, ya que alcanza un nivel máximo de 50 % respecto a su aplicación.

### 3.2.3. Indicador de mejora

Para la situación actual se define el nivel de desperdicio generado en el proceso de llenado, en el VSM se logró identificar el nivel de desperdicio de envases a diferentes velocidades, a partir de esta identificación se propone como meta el nivel permisible de desperdicio por la empresa, las metas deben ser retadoras y no fáciles de alcanzar, una vez trazada la meta se deben plantear de manera inmediata las acciones correctivas para mejorar el indicador, se resume en la tabla VII.

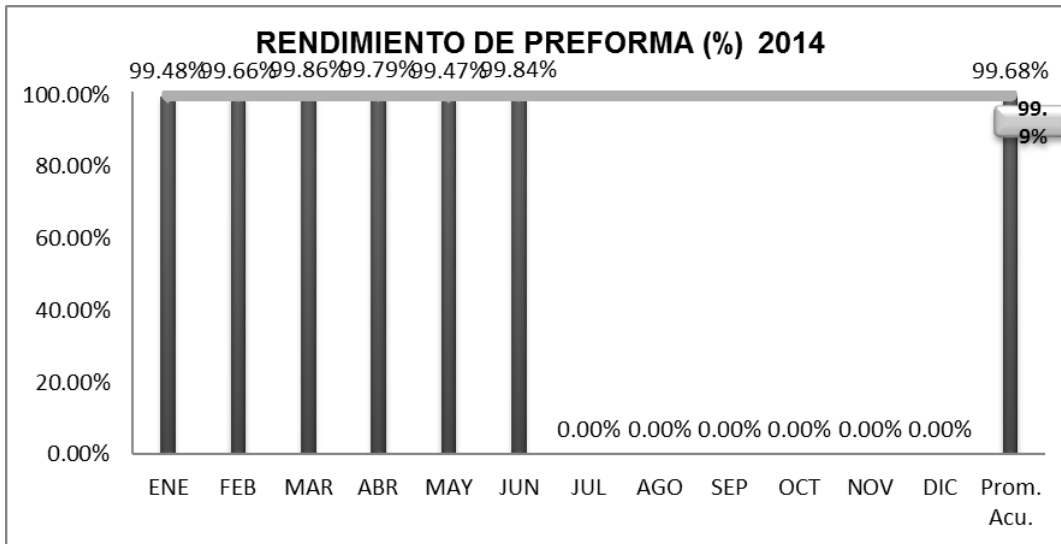
Tabla VII. **Indicador de mejora**

Indicador	Actual	Propuesta de mejora	Unidad de medida
% desperdicio de envases	99,68 %	99,99 %	%

Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se resume el nivel de desperdicio en % registrado en un periodo de enero a julio del 2014.

Figura 10. Rendimiento de envases



Fuente: elaboración propia.

El indicador de desperdicio de envases de 99,70 % no está dentro de los límites permisibles por la empresa, a causa del volumen de envases llenos representa un costo elevado de desperdicio el cual afecta el resultado financiero de la empresa.

La participación de los costos de la materia prima representa un alto costo versus los costos presupuestados que maneja la empresa para la transformación de sus materias primas e insumos como producto final, el costo promedio del envase es alrededor de los Q 0, 45, multiplicado este costo por el volumen de desperdicio proyectado de 87 690 envases, daría un costo de desperdicio proyectado de 34 460 quetzales solo para este proceso de llenado.

En tabla VIII se resume el nivel de desperdicio generado y su costo promedio anual para el periodo de enero a junio del 2014.

Tabla VIII. **Resumen desperdicio de envases**

Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Prom. Acu.
Consumo real	28851472	33331983	46629591	46547491	40768617	36793705	323027415
Consumo estándar	28700733	33219438	46566012	46448394	40551147	36734355	322132827
Diferencia	-150739	-112545	-63579	-99097	-217470	-59350	-894588
Diferencia (Q)	-55807,6	-41667,2	-23538,7	-36688,4	-80513,2	-21973,0	-290250,17

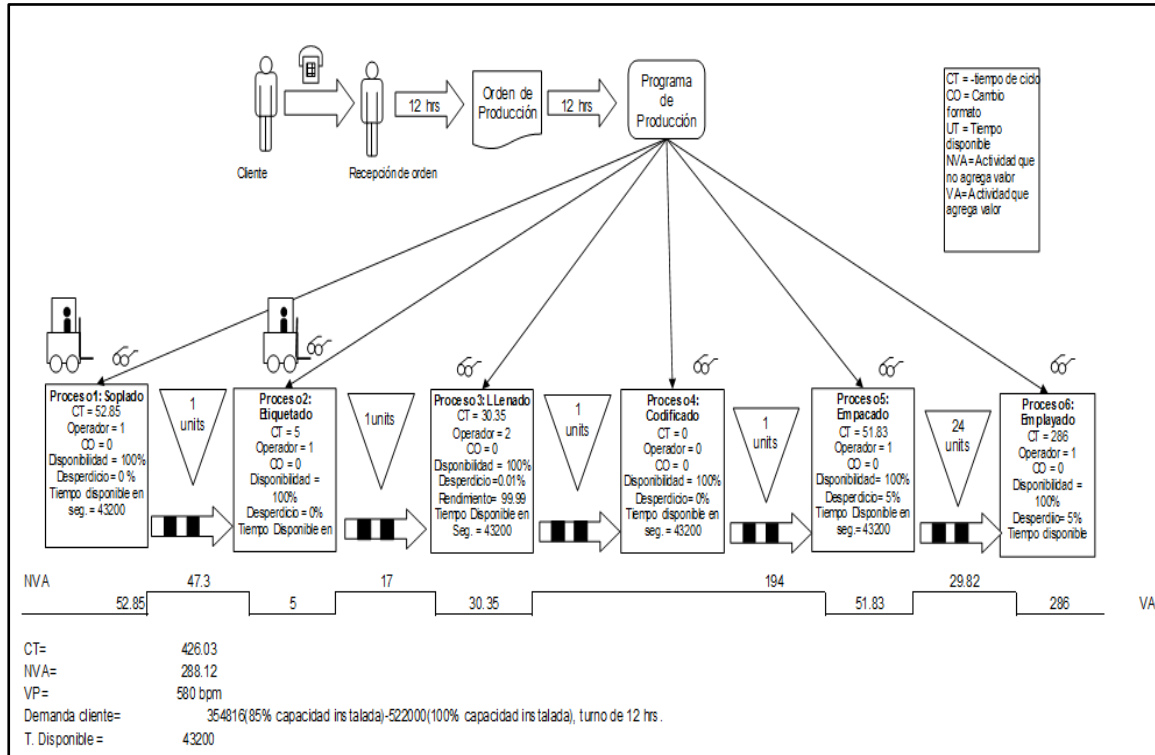
Fuente: Sistema de gestión de inventarios AJE.

### 3.3. Implementación de manufactura esbelta

El camino *Lean Manufacturing* requiere de un claro panorama de la situación actual y un claro entendimiento de las herramientas *Lean Manufacturing* que permitan lograr los resultados que se esperan como el panorama futuro. Para el presente estudio se desarrolla el VSM futuro como proyección de los resultados esperado para el desperdicio de envases.

Lograr este VSM futuro dependerá del conocimiento que se logre desarrollar en toda la cadena de valor del proceso productivo, en la evaluación de conocimiento de la empresa referente a la metodología demuestra que se tiene una oportunidad grande de aprovechamiento de capacidad instalada y de uso de recursos en todos los procesos. Ver figura 9.

Figura 11. VSM estado futuro



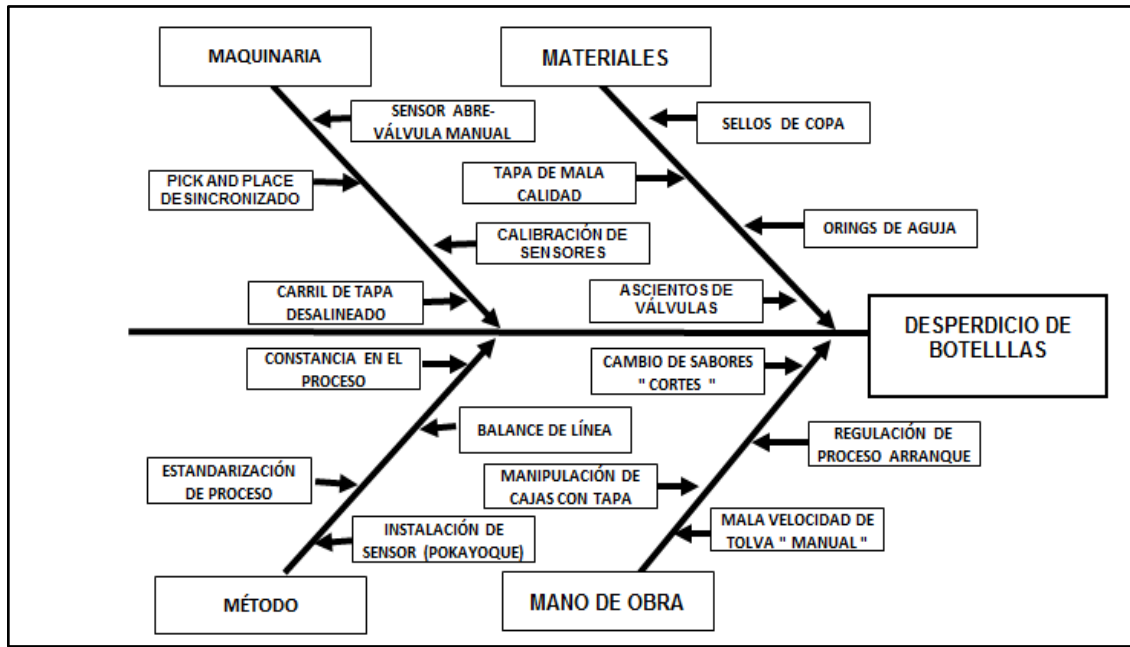
Fuente: elaboración propia.

A partir del VSM actual se inicia el desarrollo del plan de trabajo para llegar al estado futuro, para este caso se inicia implementando ACR para identificar las causas potenciales que estén ocasionando la pérdida, dicho análisis se logra visualizar en la figura. 12.

En el análisis causa raíz se logran visualizar las causas secundarias que están originando el desperdicio de envases, a partir del análisis causa raíz se implementa un plan de acción enfocado a la reducción del desperdicio de envases, dicho plan contempla implementar las siguientes herramientas de manufactura esbelta.



Figura 12. Diagrama causa-efecto sobre desperdicio de envases



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1. Heijunka

Después de observar el comportamiento de la línea de producción, específicamente el comportamiento del proceso de llenado, se decidió ensayar una producción nivelada de línea para verificar el comportamiento del desperdicio, de la misma manera se aplicaron las hojas de verificación para el registro correspondiente del desperdicio de envases.

La producción nivelada se ejecutó reduciendo la variable velocidad de 615 envases por minuto a 580 que indica el manual que se tiene como capacidad instalada. Este balance se ejecuta en todo el proceso productivo, partiendo desde la sopladora de envases hasta el robot paletizador.

Tabla IX. Hoja de verificación después de implementar *Heijunka*

HOJA DE VERIFICACIÓN DESPERDICIO DE BOTELLA- LEAN MANUFACTURING													
Operador: <u>Axel Pedrosa</u>		Formato: <u>0,36</u>		Turno: <u>  </u>		Dia: <u>  </u>		Noche: <u>  </u>					
Fecha: <u>20/08/2014</u>		Sabor: <u>Cola</u>		X									
Fecha: 20/08/2014	Temperatura (C), de carbonatación	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Formato: 0,360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
<b>CAUSAS</b>		No. Veces											
Tapa al revés en el carril de bajada													0
Mala calibración de sensor abre válvulas, botella vacía													0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas		3			10	3	13						26
Botella sin tapas por sensor de tulipas													0
Botella explotada		5		1	2		1					1	2
Botellas golpeadas													0
Botellas caídas en rinser													0
Botellas mal capsuladas		2	1										1
Botellas de bajo nivel, sello de copa		2			1								1
Botella bajo nivel, pistones													0
Taza inundada													0
Espumeo													0
tapa trabada en pick and place													0
Tapa trabada en mandril													0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703
													7783

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Resumen de causas aplicando *Heijunka*

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Mala calidad de tapa, atorada en carril de tapas	264	66,33	66,33
Insumo	Tapa atascada en <i>pick and place</i>	30	73,87	7,54
Mano obra	Botellas caídas en rinser	27	80,65	6,78
Mano de Obra	Botella explotada	20	85,68	5,03
Máquina	Mala calibración de sensor abre válvulas	19	90,45	4,77
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	94,97	4,52
Insumo	Botella mal capsulada	10	97,49	2,51
Máquina	Botella sin tapa, sensor de tulipas	5	98,74	1,26
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100,00	1,26

Continuación de la tabla X.

Mano de obra	Tapa volteada en carril de bajada	0	100,00	0,00
Máquina	Botella golpeada	0	100,00	0,00
Insumo	Botella bajo nivel, pistones	0	100,00	0,00
Máquina	Taza inundada	0	100,00	0,00
Mano de obra	Espumeo	0	100,00	0,00
Máquina	Botella sin etiqueta	0	100,00	0,00
	TOTAL	398		

Fuente: elaboración propia.

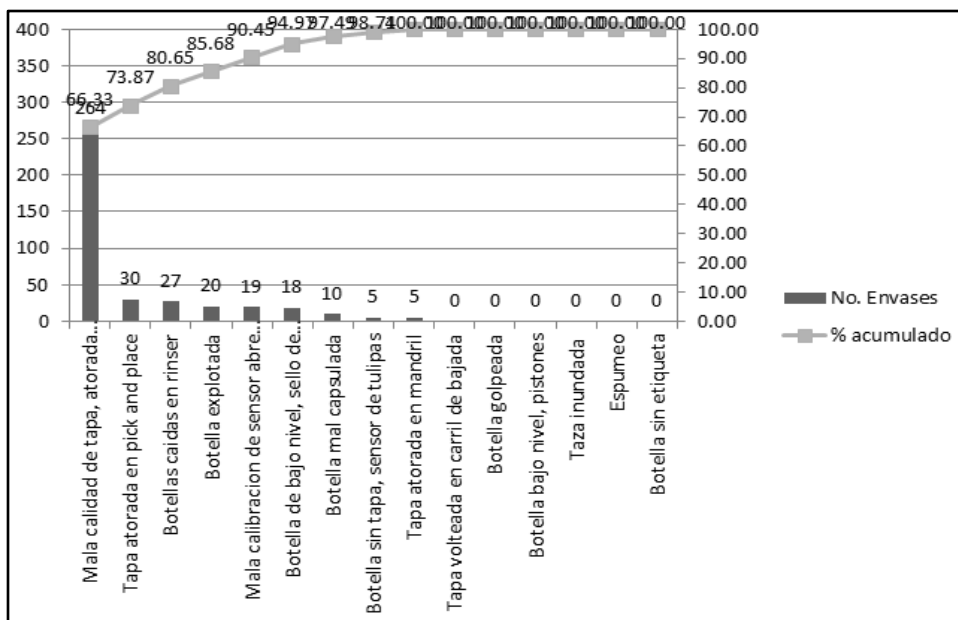
En la tabla X se adjuntan los resultados parciales del desperdicio de botellas observado y registrado mediante la hoja de verificación *Lean Manufacturing (Jidoka)*; este resultado representa la situación aplicando una producción balanceada.

Se observa que el desperdicio en un tiempo medido de tres días es de 398 botellas para una población de 1 296,000 botellas, si se realiza una proyección para 30 días de producción, se estaría perdiendo un total de: 3 980 botellas/mes, en un año el desperdicio proyectado será de 47 760 no se está considerando para este estudio el desperdicio generado en soplado, etiquetado y empaçado por lo que esta proyección puede ser mayor.

En el diagrama de Pareto (figura 13) se observa que el 80 % de desperdicio es ocasionado por el 20 % de las causas como: Tapa trabada en carril de bajada, mala calibración de sensores de abre válvulas, botella sin tapa por sensor de tulipa por indicar algunas, causas similares antes de hacer el balance de línea.

En la figura 14 se observa el comportamiento de cajas producidas por horas para un turno programado de 12 horas, se observa cómo entra dentro de la eficiencia o meta solicitada por la empresa, se muestra que el comportamiento de la producción tiene menos variabilidad y la tendencia de producción es más constante, se nota también que en la hora 8 registrada ocurre un evento mecánico que generó una caída en el volumen de cajas producidas por hora.

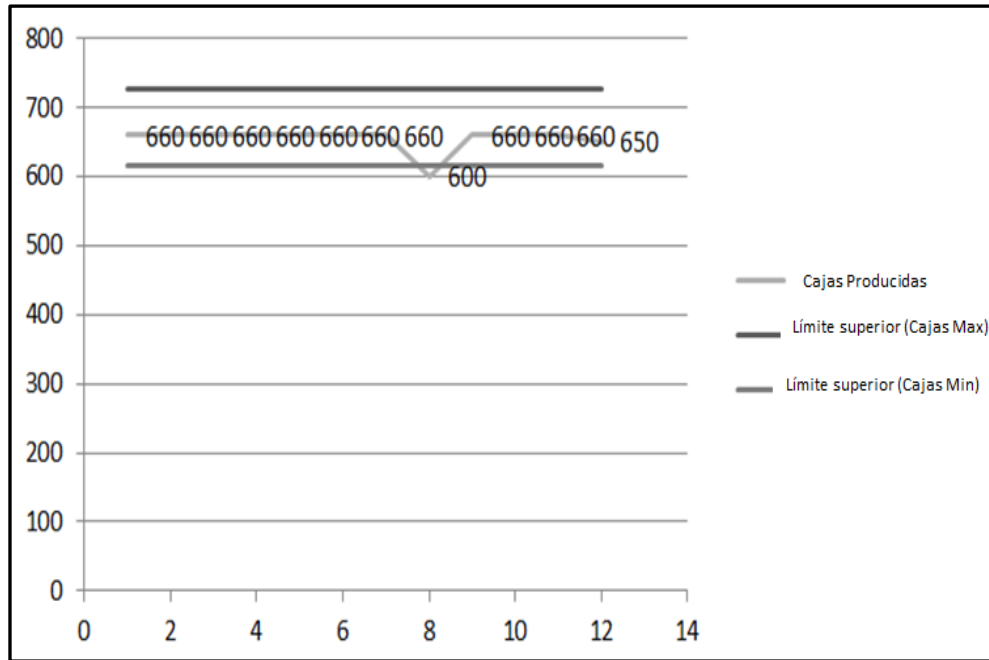
Figura 13. Pareto de desperdicio de envase



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se verifica que el nivel de desperdicio ha disminuido únicamente haciendo un balance de línea, para lograr reducir aún más el nivel de desperdicio se pueden aplicar las herramientas *Kaizen*, *Poka Yoke* y *Jidoka*, en la figura 14 se muestra el comportamiento de la línea de producción con una producción nivelada a 580 envases procesados por minuto.

Figura 14. **Comportamiento de producción a una velocidad de 580 BPM**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. ***Kaizen***

El *Kaizen* como herramienta de mejora continua se convierte en una herramienta de seguimiento de todas las mejoras implementadas o por implementar en los procesos después de identificadas las necesidades. Para cumplir con el objetivo de seguir reduciendo el desperdicio de envases en el proceso seleccionado, bajo el concepto *Lean Manufacturing*, se evalúan las causas desglosadas en el diagrama de *Ishikawa* a partir del diagrama de Pareto de situación actual.

En dicha evaluación se determinan las oportunidades de mejoras que deben implementarse y ejecutarse para lograr reducir aún más el desperdicio, dicha implementación se lleva a cabo con el grupo de trabajo desarrollado para el evento *Kaizen*, dicho equipo está formado por los supervisores de producción, técnico experto en el proceso de llenado y operadores de la sala de llenado.

En la planeación del evento *Kaizen*, se acordó ejecutar las actividades necesarias para atacar las áreas de oportunidad encontradas respecto a la reducción de envases, todas las acciones para resolver las causas fueron desarrolladas por el equipo mediante tormenta de ideas, esto a través de las reuniones de 30 min. Programadas en el evento *Kaizen*. Dichas actividades se acordaron de ejecutar en un periodo de dos semanas. Para el control, ejecución, seguimiento, se desarrolló una matriz donde se identifican las oportunidades, acciones a cumplir, tiempo de inicio y fin, responsable y cumplimiento de las mismas. Ver tabla XII.

Indicador de Mejora:

Para la situación futura, después de haber aplicado las herramientas de manufactura esbelta se presenta el indicador de rendimiento alcanzado para agosto, en tabla XI se verifica una reducción del nivel de desperdicio de envases, también se muestra en la figura adjunta:

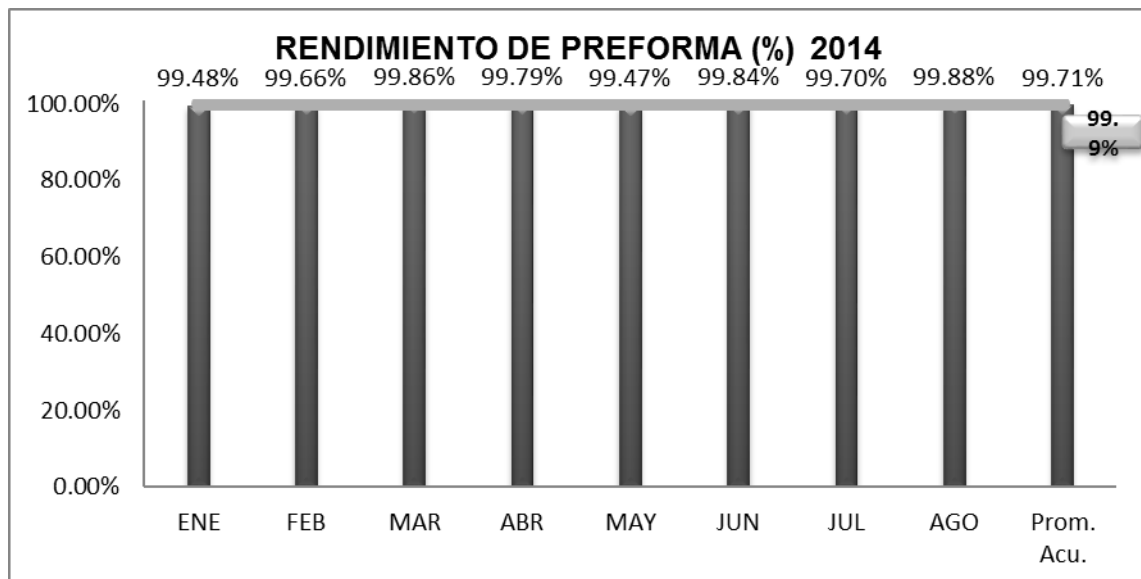
Indicador	Actual	% alcanzado	Unidad de medida
% desperdicio de envases	99,70 %	99,88 %	%

Tabla XI. **Desperdicio de envases después de implementar herramientas de manufactura esbelta**

Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	Mal	Jun	Jul	Ago
Consumo real	28851472	33331983	46629591	46547491	40768617	36793705	45092278	45012278
Consumo estándar	28700733	33219438	46566012	46448394	40551147	36734355	44956374	44956374
Diferencia	-150739	-112545	-63579	-99097	-217470	-59350	-135904	-55904
Diferencia (Q)	-55807,6	-41667.2	-23538.7	-36688.4	-80513.2	-21973.0	-51069.6	21007.4
Rendimiento de Preformas. (%)	99,48	99,66	99,86	99,79	99,47	99,84	99,70	99,88
META	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9

Fuente: Sistema de Gestión de Inventarios AJE.

Figura 15. **Rendimiento de envases implementando herramientas de manufactura esbelta**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Evento Kaizen**

Periódico Kaizen												% Actividades Atrasadas 0,0%	
Departamento o Área: Mantenimiento												% Cumplimiento-Abierta/Cerrada 0,0%	
NO CONFORMIDADES MAYORES				Niveles de Acción: 1=Corrección Inmediata 2=Acción Correctiva 3=Acción Preventiva									
Fecha Origen	Origen NC	Área	tipo NC	Área de Oportunidad	Actividades	Nivel Acción	Responsable del Éxito	Fecha Compromiso	Días Atraso	Fecha Realización	Días Atraso	%	Avance
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Sellos de copa presentan Desgaste	Reemplazo de los 120 sellos de copa	3	Rony Orellana	15-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Oring de aguja presentan desgaste ocasionando espumeo	Revisión y/o cambio de oring	3	Osbel Gajeda	15-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Tapa de mala calidad, presenta concavidad	Revisar proceso de compresión de tapas	3	Osbel Gajeda	15-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Asientos de válvula presentan mayor diámetro	Revisión y/o cambio de asientos de válvulas	3	Osbel Gajeda	15-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Pick an place desincronizado	Revisión y sincronización de pick and place	3	Osbel Gajeda	29-ago-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Carril desalineado, trava de tapas constantes	Alineación y ajuste de carril	1	Osbel Gajeda	31-ago-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Boyas de carga y descarga descalibradas	Revisión de estado mecánico de boilas, calibración	3	Osbel Gajeda	31-ago-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Sensores desactivados, riesgo de inundación de taza de llenado	Revisión y ajuste de sensores	3	Ulices Ardiano	31-ago-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Tolva de tapas de máquina se encuentra trabajando en manual	Ajustar sistema para trabajo en automático	2	Ulices Ardiano	29-ago-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Botellas con defectos de capsulato, tapa sobrepuesta	Revisión de estado de roscadores y antirrotacionales	2	Rony Orellana	05-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Mala manipulación de caja de tapas, tapa ovalada	Evaluación de transporte de tapas de insumos a máquina	2	Osbel Gajeda	05-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Arranques de línea, carbonatador con aire	Estandarizar parámetros de arranque de llenadora	1	Osbel Gajeda	05-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Tapa atorada en estrella de pick and place	Instalación de sensor de fibra óptica para paro de máquina	1	Miguel Batz	01-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O	Variación de velocidad de línea de producción	Estandarizar velocidad de línea, reducir a 580 BPM, balance de línea de producción completa.	1	Danien Ponce	15-sep-14		En proceso	Abierta		
27-ago-14	Proceso	PR (Llenado)	O		Estandarizar proceso de corte y arranque de proceso de producción en llenadora.	2	Daniel Ponce	15-sep-14		En proceso	Abierta		

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. *Jidoka - Poka Yoke*

La aplicación de la herramienta *Jidoka* está enfocada específicamente a la automatización de procesos, se aplica para prevenir defectos y desperdicios a tiempo, todo con la interrelación humana o relación hombre – máquina, para el proceso de llenado y dentro de la evaluación realizada en el análisis causa-raíz.

Se identifica la necesidad de automatizar el carril de alimentación de tapas, ya que se demuestra en los Paretos de fallas y la hoja de verificación, que es la causa más representativa para el desperdicio de envases, dicha automatización consiste en la instalación de un sensor de fibra óptica que detecte la tapa atorada en el carril y envíe una señal de paro de llenadora para evitar que la llenadora continúe con el proceso.



De esta forma evitar que salgan envases llenos y sin tapa, envases que al salir vacíos se consideran como desperdicio, debido a que se está llenando producto alimenticio. En la figura 16 se muestra la aplicación del dispositivo de seguridad para mejorar el desperdicio.

Figura 16. **Instalación de sensor óptico**



Implementación de sensor de fibra óptica para detectar atoramiento de tapa en carril de bajada de tapas.

Fuente: elaboración propia.

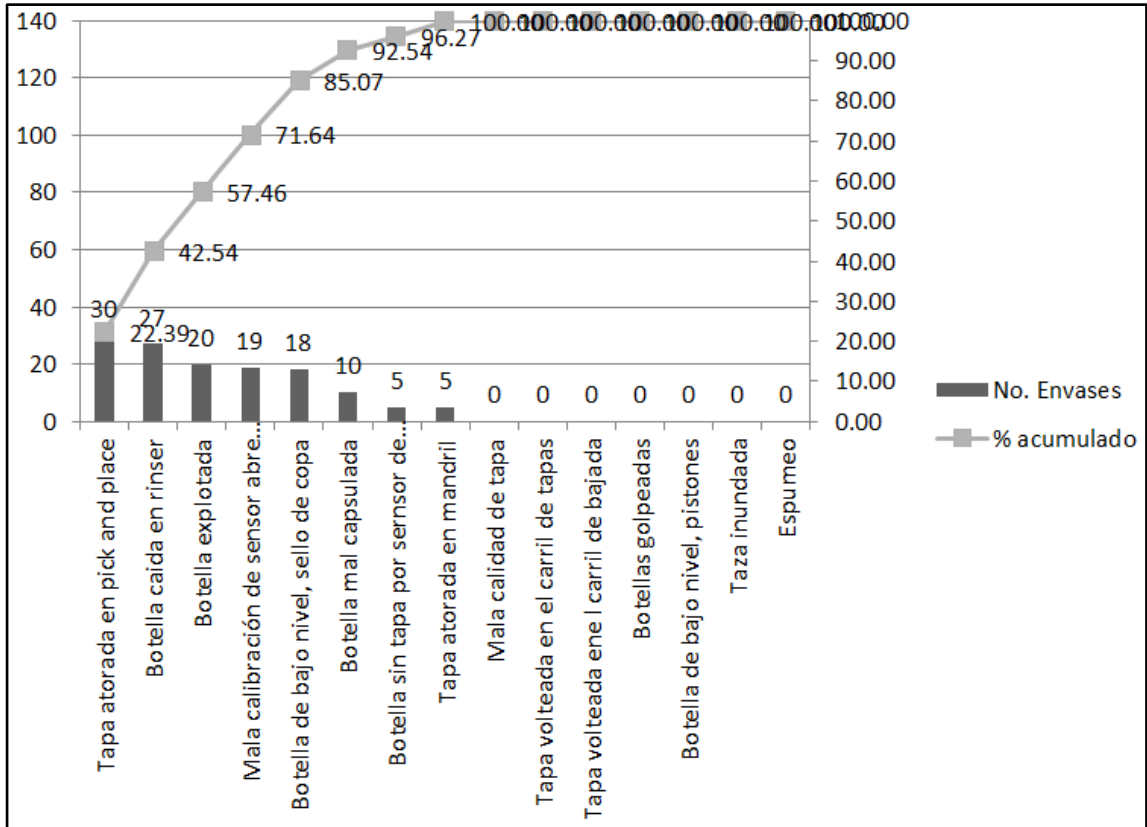
Luego de implementar un dispositivo que aplica al concepto de automatización o *Jidoka*, se logró eliminar la causa principal que generaba el desperdicio de envases, la causa mencionada se identificó mediante las hojas de verificación de condición operativa, se muestra el diagrama de Pareto y tabla resumen después de haber implementado este dispositivo a prueba de error.

Tabla XIII. **Resumen de causas después de implementar *Jidoka-Poka Yoke***

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	30	22,39	22,39
Insumo	Botella caída en rinser	27	42,54	20,15
Mano obra	Botella explotada	20	57,46	14,93
Mano de Obra	Mala calibración de sensor abre válvulas.	19	71,64	14,18
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	85,07	13,43
Máquina	Botella mal capsulada	10	92,54	7,46
Insumo	Botella sin tapa por sensor de tulipa	5	96,27	3,73
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100,00	3,73
Máquina	Mala calidad de tapa	0	100,00	0,00
Mano de obra	Tapa volteada en el carril de tapas	0	100,00	0,00
Máquina	Tapa volteada ene l carril de bajada	0	100,00	0,00
Insumo	Botellas golpeadas	0	100,00	0,00
Máquina	Botella de bajo nivel, pistones	0	100,00	0,00
Mano de obra	Taza inundada	0	100,00	0,00
Máquina	Espumeo	0	100,00	0,00
	TOTAL	134		

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Pareto de causas de desperdicio después de implementar *Jidoka*



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Estadística paramétrica comparando situación actual vrs. situación futura aplicando Heijunka**

DATOS				
POR QUE'S	PRUEBA 1		PRUEBA 2	
	frecuencia	Total	frecuencia	Total
Tapa al revés en el carril de bajada	7	170	0	0
Mala calibración de sensor abre válvulas, botella vacía	22	77	3	19
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	10	184	15	264
Botella sin tapas por sensor de tulipas	19	66	2	5
Botella explotada	11	43	10	20
Botellas golpeadas	3	10	0	0
Botellas caídas en rinser	9	28	11	27
Botellas mal capsuladas	12	46	6	10
Botellas de bajo nivel, sello de copa	5	30	11	18
Botella bajo nivel, pistones	1	6	0	0
Taza inundada	0	0	0	0
Espumeo	0	0	0	0
tapa trabada en pick and place	4	45	1	30
Tapa trabada en mandril	1	10	2	5
Botella sin etiqueta	3	18	0	0
total desperdicio botellas	X1	733	X2	398
Total botellas	n1	2205469	n2	1369982
Proporción p	p1	0.000332356	p2	0.00029051
$\bar{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$	$\bar{p}$	0.000316324		
Hipótesis				
La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta no es menor que antes de aplicarla.	Ho:	p1 - p2 ≤ 0		
La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.	Ha:	p1 - p2 > 0		
Regla de decisión				
Sea α 0.1 El valor crítico de z es 1.2815515655446. Se rechazará Ho si el valor del estadístico de prueba es mayor que 1.64485362695147	α	0.1	z	1.28
Sea α 0.05 El valor crítico de z es 1.64485362695147. Se rechazará Ho si el valor del estadístico de prueba es mayor que 2.32634787404084	α	0.05	z	1.64
Sea α 0.01 El valor crítico de z es 2.32634787404084. Se rechazará Ho si el valor del estadístico de prueba es mayor que	α	0.01	z	2.33
Distribución de estadística de prueba				
Si la hipótesis nula es verdadera, la estadística de prueba sigue aproximadamente una distribución normal estandar.				

Continuación de la tabla XIV.

Estadístico de prueba				
$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (\hat{p}_1 - \hat{p}_2)_0}{\hat{\sigma}_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}}$		Z	2.162946456	
$\hat{\sigma}_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1} + \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_2}}$				
Decisión Estadística				
Decisión	Estadístico de prueba	valor crítico		
Para $\alpha$ 0.1 Se rechaza Ho	Z	2.16	z	1.28
Para $\alpha$ 0.05 no se rechaza Ho	Z	2.16	z	1.64
Para $\alpha$ 0.01 no se rechaza Ho	Z	2.16	z	2.33
Conclusión Estadística				
Con un 90% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				
Con un 95% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				
Con un 99% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Estadística paramétrica comparando situación actual vrs. situación futura aplicando *Jidoka-Poka Yoke***

Hipótesis		
La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta no es menor que antes de aplicarla.	Ho:	$p_1 - p_2 \leq 0$
La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.	Ha:	$p_1 - p_2 > 0$

Continuación de la tabla XV.

DATOS				
POR QUE'S	PRUEBA 1		PRUEBA 3	
	frecuencia	Total	frecuencia	Total
Tapa al revés en el carril de bajada	7	170	0	0
Mala calibración de sensor abre válvulas, botella vacía	22	77	3	19
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	10	184	0	0
Botella sin tapas por sensor de tulipas	19	66	2	5
Botella explotada	11	43	10	20
Botellas golpeadas	3	10	0	0
Botellas caídas en rinser	9	28	11	27
Botellas mal capsuladas	12	46	6	10
Botellas de bajo nivel, sello de copa	5	30	11	18
Botella bajo nivel, pistones	1	6	0	0
Taza inundada	0	0	0	0
Espumeo	0	0	0	0
tapa trabada en pick and place	4	45	1	30
Tapa trabada en mandril	1	10	2	5
Botella sin etiqueta	3	18	0	0
total desperdicio botellas	X1	733	X2	134
Total botellas	n1	2205469	n2	1369982
Proporción p	p1	0.000332356	p2	9.7812E-05
$\bar{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$	$\bar{p}$	0.000242487		
$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (\hat{p}_1 - \hat{p}_2)_0}{\hat{\sigma}_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}}$ $\hat{\sigma}_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1} + \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_2}}$	Z	13.84763317		
Decisión Estadística				
Decisión	Estadístico de prueba		valor crítico	
Para $\alpha$ 0.1 Se rechaza Ho	Z	13.85	z	1.28
Para $\alpha$ 0.05 no se rechaza Ho	Z	13.85	z	1.64
Para $\alpha$ 0.01 no se rechaza Ho	Z	13.85	z	2.33
Conclusión Estadística				
Con un 90% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				
Con un 95% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				
Con un 99% de confianza La proporción de desperdicio en las botellas producidas después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla.				

Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

En el capítulo experimental se describe la aplicación de algunas de las herramientas de manufactura esbelta para la reducción de desperdicio de envases en el proceso de llenado, aplicando *Heijunka* se observa una reducción de desperdicio de envases en el proceso de llenado, al igual se logran identificar las diferentes causas que están ocasionando dicho desperdicio.

Tabla XVI. **Resumen de causas aplicando *Heijunka***

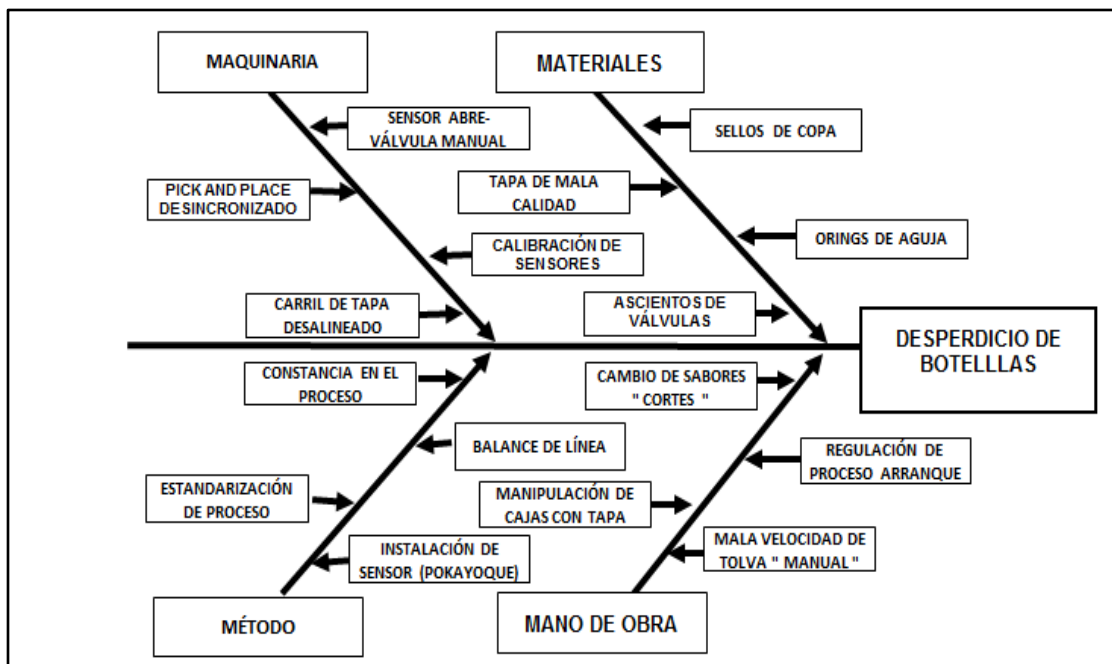
Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Mala calidad de tapa, atorada en carril de tapas	264	66,33	66,33
Insumo	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	30	73,87	7,54
Mano obra	Botellas caídas en rinser	27	80,65	6,78
Mano de Obra	Botella explotada	20	85,68	5,03
Máquina	Mala calibración de sensor abre válvulas	19	90,45	4,77
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	94,97	4,52
Insumo	Botella mal capsulada	10	97,49	2,51
Máquina	Botella sin tapa, sensor de tulipas	5	98,74	1,26
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100,00	1,26
Mano de obra	Tapa volteada en carril de bajada	0	100,00	0,00
Máquina	Botella golpeada	0	100,00	0,00
Insumo	Botella bajo nivel, pistones	0	100,00	0,00
Máquina	Taza inundada	0	100,00	0,00
Mano de obra	Espumeo	0	100,00	0,00
Máquina	Botella sin etiqueta	0	100,00	0,00
	TOTAL	398		

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar *Heijunka* o producción nivelada, también se observa un comportamiento más estable de la producción hora a hora en el proceso de llenado de envases, se puede ver dicho comportamiento en la figura 18 comparada con la figura 7 mostrada en la parte experimental.

Con la aplicación y desarrollo del VSM de todo el proceso productivo de la línea de producción de bebida carbonatada y la elaboración del diagrama de *Ishikawa* se identificaron los cuatro factores clave que están afectando el proceso productivo y que a su vez se ve reflejado en el nivel de desperdicio de envases, factores como el recurso material, mano de obra, máquina y método son los factores más representativos que están generando un alto nivel de desperdicio.

Figura 18. Diagrama causa-efecto sobre desperdicio de envases



Fuente: elaboración propia.



Los niveles de desperdicio de envases se redujeron aún más aplicando herramientas como *Kaizen*, *Jidoka* y *Poka Yoke*, tal como se ve en la tabla XXI.

Tabla XVII. **Resumen de causas después de implementar *Jidoka-Poka Yoke***

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	30	22.39	22.39
Insumo	Botella caída en rinser	27	42.54	20.15
Mano obra	Botella explotada	20	57.46	14.93
Mano de Obra	Mala calibración de sensor abre válvulas	19	71.64	14.18
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	85.07	13.43
Máquina	Botella mal capsulada	10	92.54	7.46
Insumo	Botella sin tapa por sensor de tulipa	5	96.27	3.73
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100.00	3.73
Máquina	Mala calidad de tapa	0	100.00	0.00
Mano de obra	Tapa volteada en el carril de tapas	0	100.00	0.00
Máquina	Tapa volteada en el carril de bajada	0	100.00	0.00
Insumo	Botellas golpeadas	0	100.00	0.00
Máquina	Botella de bajo nivel, pistones	0	100.00	0.00
Mano de obra	Taza inundada	0	100.00	0.00
Máquina	Espumeo	0	100.00	0.00
	TOTAL	134		

Fuente: elaboración propia.

Después de aplicar las herramientas de manufactura esbelta se presenta el indicador de rendimiento alcanzado para el mes de agosto, en tabla XXII se verifica una reducción del nivel de desperdicio de envases.

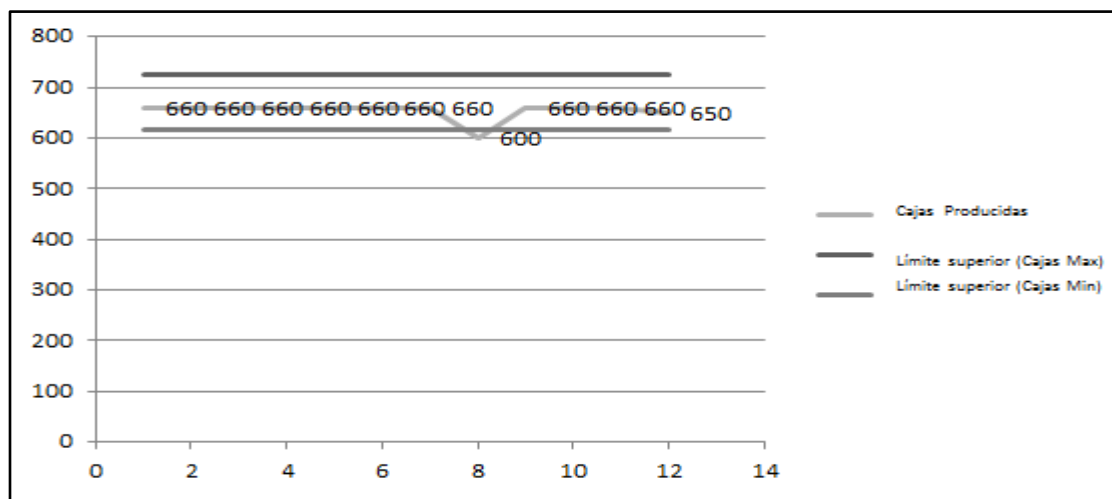
Tabla XVIII. **Desperdicio de envases después de implementar herramientas de manufactura esbelta**

Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Consumo real	28851472	33331983	46629591	46547491	40768617	36793705	45092278	45012278
Consumo estándar	28700733	33219438	46566012	46448394	40551147	36734355	44956374	44956374
Diferencia	-150739	-112545	-63579	-99097	-217470	-59350	-135904	-55904
Diferencia (Q)	-55807.6	-41667.2	-23538.7	-36688.4	-80513.2	-21973.0	-51069.6	21007.4
Rendimiento de Preformas. (%)	99,48	99,66	99,86	99,79	99,47	99,84	99,70	99,88
META	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9

Fuente: Sistema de Gestión de Inventarios AJE.

Se incrementó el aprovechamiento del uso de envases hasta un 99,88 % comparado con el 99,70 % del mes anterior.

Figura 19. **Comportamiento de producción a una velocidad de 580 BPM**



Fuente: elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante la ejecución del proyecto se observaron algunas deficiencias, aun después de haber realizado capacitación a diferentes niveles de planta, mandos medios, gerencia de planta, operadores, se observó falta de credibilidad a la herramienta, participaron los diferentes entes involucrados no convencidos de lograr resultados significativos.

También se detectaron algunos errores en cuanto al levantamiento de información y registro dentro del formato de verificación, no se desplegó el conocimiento necesario para ejecutar una buena línea, base de información a través de los operadores con seguimiento de los supervisores, posterior a ello se reforzó en un sitio la importancia de la veracidad de la información, debido al alto impacto que generaba en la toma de decisión para la acción correctiva.

Con las hojas de verificación implementadas se lograron identificar las diferentes causas que ocasionan el nivel de desperdicio, se logra identificar la frecuencia de ocurrencia y el impacto que tiene, las hojas fueron diseñadas para su interpretación y llenado fácil debido al nivel académico de los operadores, no todos tienen un perfil técnico, también se remarca la importancia de estar en el sitio donde ocurren los eventos, se genera una visión más amplia de los movimientos que ejecuta el operador en el proceso.

Se observa que el desperdicio en un tiempo medido de 3 días es de 733 botellas para una población de 1 296, 000 botellas, sin haber utilizado herramientas de manufactura esbelta, al momento de implementar herramientas de manufactura esbelta se reduce el desperdicio a 398 envases, mostrando de

esta manera una disminución en el desperdicio de envases, se logra esta reducción de envases haciendo una producción balanceada en toda la línea de producción, generando constancia en todo el proceso productivo, el balance se ejecutó en función de la velocidad de restricción del proceso.

Sin perder de vista la meta hora de producción que debe entregar el proceso de llenado, para el balance de línea inicialmente se efectuó una evaluación de capacidad instalada de cada una de las máquinas que componen el proceso, encontrando la capacidad restrictiva era la del proceso de llenado usando una capacidad instalada de 85 %.

Al ejecutar el balance general se nota un comportamiento constante en el proceso de producción, comportamiento que se logra evidenciar en las gráficas de comportamiento de producción, se logra observar que existe menos variabilidad y que es más repetitiva la producción hora a hora en la línea de producción.

Para lograr reducir más el nivel de desperdicio de envases se implementa un sistema a prueba de error que requiere de un sistema de automatización que ayude a eliminar la causa más representativa que se ve en el Pareto de fallas después de haber implementado el balance de línea (*Heijunka*), se identificó la necesidad de implementar un sensor con fibra óptica que ayudará a detectar la tapa atorada en el carril de tapas, al detectar el sensor dicha tapa envía una señal de paro de proceso, lo que evita que salgan del proceso envases sin tapa y se elimina el desperdicio por esta causa específica, implementando el sensor se logra reducir aún más el nivel de desperdicio, pasando de 398 a 134 envases.

En la tabla estadística XI y XII se muestran los cálculos ejecutados para probar la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se prueba la hipótesis aplicando diferencia de proporciones de dos poblaciones considerando que la distribución de la población es normal.

Se plantea la hipótesis nula y alternativa como se indica en la tabla de cálculo, al ejecutar los cálculos con los diferentes niveles de significancia de 0,1, 0,05 y 0,01 se encontraron que los valores críticos  $z$  eran respectivamente, 1,28, 1,64 y 2,33 para comparar con el  $z$  de prueba que tiene un valor de 2,16, valor que fue calculado con los niveles de desperdicio observado en el proceso de llenado, esto a las velocidades de proceso ensayadas.

Se muestra en los resultados que para un nivel de confianza del 90 % se rechaza la hipótesis nula planteada, indica que la proporción de desperdicio de envases después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla, lo que valida la hipótesis de investigación, que indica que si se reduce el desperdicio de envases aplicando herramientas de manufactura esbelta.

Para un nivel de confianza del 95 % se rechaza la hipótesis nula planteada, indica que la proporción de desperdicio de envases después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla, también con este nivel de confianza se logra validar la hipótesis de investigación, demostrando una vez más que si tienen un efecto representativo las herramientas de manufactura esbelta para reducir el nivel de desperdicio de envases en el proceso de llenado.

Para un nivel de confianza del 99 % se rechaza la hipótesis nula planteada, indica que la proporción de desperdicio de envases después de aplicar la metodología de manufactura esbelta es menor que antes de aplicarla, se asume el mismo criterio para este nivel de confianza, ya que al revisar las fuentes primarias hay mucha evidencia de que si funcionan las herramientas de manufactura esbelta a medida que se asuman como propias.

## CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de las herramientas mencionadas se ha demostrado estadísticamente que sí se reduce el desperdicio de envases, se demostró que se reduce el desperdicio de envases de 733 a 398 y de 398 a 134 ver tabla X y XIII respectivamente, porcentualmente representa una reducción de desperdicio desde un 45 % hasta un 81 % aplicando herramientas de manufactura esbelta, dicho de otra manera se incrementa el uso de envases de un 99,70 % a un 99,88 % en el indicador de rendimiento, se debe remarcar que se aplicó solamente en un área piloto, al aplicar en todo el proceso productivo y según el nivel de confianza elegido se demuestra que sí se puede reducir aún más el nivel de desperdicio de envases.
2. Se concluye según el Pareto 80/20 que las causas más relevantes que están afectando el nivel de aprovechamiento de envases son: tapa atorada en carril de tapas en 25,10 %, tapa volteada en el carril de bajada en 23,09 %, mala calibración de sensor abre válvulas en 10,51 %, sensor de tulipas en 9 %, botellas mal capsuladas en 6,28 % y tapa atorada en pick and place en 6,14 %, ver figura 8. La aplicabilidad de herramientas de manufactura esbelta al proceso de producción de bebidas carbonatadas a orientado a identificar las causas que generaban el desperdicio de envases, los hallazgos y los resultados logrados sirven de modelo para el resto de procesos de producción con los que se cuenta en esta planta de producción, por lo que pueden ser replicados a partir del ensayo ejecutado en el área piloto.

3. Los factores críticos observados en el proceso productivo que afectan el nivel de desperdicio de envases, según el Pareto 80/20 mostrado en la figura 7 y tabla V son: insumos en 48,29 %, mano de obra en 19,51 % y maquinaria en 12,42 %. En insumos se debe a la mala calidad de la tapa, en el factor mano de obra se debe a la falta de ajuste que se les da a los sensores que aseguran el proceso de llenado y en el factor máquina se debe al mal comportamiento del proceso de capsulado.
  
4. En este trabajo de investigación se aplicaron herramientas como Gemba, Kaizen, Heijunka, Jidoka y Poka Yoke. En el proceso de implementar las herramientas de manufactura esbelta al proceso de llenado, se logró identificar que es necesario tener claro cuál es el estado actual sobre el cual trabaja el proceso de producción, esto permitirá identificar con mayor precisión las oportunidades en el proceso, dicho de otra manera es necesario generar una radiografía al proceso en condiciones actuales, la radiografía se ejecuta realizando un mapa de valor del proceso, donde se identifican todos los procesos que intervienen para luego implementar herramientas Lean Manufacturing que se adapten a la necesidad detectada.
  
5. La iniciativa de implementar herramientas de manufactura esbelta debe ir acompañada del convencimiento de la alta gerencia, ya que es un reto hacer de ella una disciplina si no se tiene conocimiento, por lo que se debe tener mente abierta al cambio de cultura, que es lo que representa la gestión de procesos a través de herramientas de manufactura esbelta, una vez que se esté convencido se encienden los motores para dar paso a la reducción de desperdicios y por ende mejores resultados.



## RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del trabajo de investigación específicamente en el área piloto, se observaron diferentes áreas de oportunidad que deben ser consideradas para no cometer errores y se logren los resultados que genera la expectativa de implementar nuevos sistemas de gestión de procesos, por lo tanto, se enmarcan las siguientes recomendaciones:

1. Para la implementación de herramientas de manufactura esbelta, se debe seleccionar un equipo operativo multidisciplinario a través de una evaluación de desempeño que contemple conocimiento técnico, procesos, calidad y sobre todo valores desde el punto de vista de talento humano, equipo que debe estar enfocado exclusivamente en su implementación, esto permite dedicar más tiempo a la observación de los procesos, elemento clave para que sea un éxito su implementación.
2. Implementar un plan de capacitación sobre las diferentes herramientas de manufactura esbelta a mandos medios y al equipo multidisciplinario seleccionado para abrir el abanico de conocimiento sobre la herramienta *Lean Manufacturing* y a todo el personal que se involucre en este proceso, ya que es un cambio de cultura empresarial.
3. Debe definirse y tener bien claro cuál es la situación actual de los procesos de producción, al igual se deben tener bien identificados los procesos críticos que requieren control mediante la estandarización, esto para reconocer de manera transparente los errores que se vienen cometiendo y que están obligando a generar pérdida, estos procesos se

convierten en áreas de oportunidad en las cuales se deben implementar actividades que agregan valor al proceso productivo.

4. Se sugiere empezar por las herramientas de bajo costo y alto impacto, como por ejemplo estandarizar procesos, administración visual, balance de líneas, herramientas que tienen un impacto inmediato en la administración de la calidad y la productividad de la empresa.
5. Debe administrarse la implementación de herramientas manufactura esbelta a través de un equipo integral que sea el encargado del desarrollo de planes de trabajo, formatos de seguimiento, capacitación, estrategias de evaluación, verificaciones y análisis de datos para la toma de decisiones a los hallazgos en el levantamiento de información que desarrolle el equipo operativo.
6. Se sugiere elegir herramientas *Lean Manufacturing* de acuerdo a la necesidad específica del proceso o del problema que se está identificando, dicha elección se debe realizar a través de una hoja de verificación *Lean Manufacturing* que ayudará a identificar posibles causas que estén generando un desperdicio en la cadena productividad.
7. La implementación de herramientas de manufactura esbelta permite conocer de una mejor manera las fortalezas y debilidades de los procesos productivos ya que proporciona experiencia, genera conocimiento y permite proponer mejores soluciones a los desperdicios que se identificaron.

8. La empresa debe implementar herramientas de manufactura esbelta como una estrategia de administración de la productividad, ya que a través de ella se identifican necesidades en cada uno de los procesos de llenado, adicional a ello hay evidencia suficiente que demuestra que genera resultados positivos referente a la reducción del desperdicio de envases y otros insumos que forman parte del proceso productivo.
  
9. La comunicación es la estrategia para implementar con éxito este proyecto, dar a conocer los indicadores de gestión al igual que las metas, objetivos, logros, deficiencias, oportunidades y fallas a todos los niveles que estén involucrados mediante reuniones periódicas donde se evalué el avance y cumplimiento a través de un periódico *Kaizen*.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aragon, J. Seminario *Lean Six Sigma*. Guatemala: Panamerican Consulting Group. 2014. 110 p.
2. Cuauhtémoc, B. L. *Conversión de un sistema de Manufactura por procesos en un Sistema de manufactura esbelta en la Producción de productos de Hule*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2006. 215 p.
3. Liker, J. *Becoming Lean*, Productivity Press. 1998. 147 p.
4. López Acosta, M., Solano, G., & Sosa, J. Balanceo de Líneas Utilizando manufactura esbelta. *El Buzón de Pacioli*, Número especial 74. 2011. 235 p.
5. Marchwinski, C., Shook, J., & Schroeder, A. *Lean Lexicon*. Massachuttes: *Lean Enterprise Insitute*. 2008. 189 p.
6. Navarrete, A. N. *Modelo de Aplicación de manufactura esbelta desde el Desarrollo y Mejoramiento de la Calidad en el Sistema de producción de colchones*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 2004. 245 p.
7. Ohno, T. *Just in Time for Today and Tomorrow*, Productivity press. 1998. 118 p.

8. Ohno, T. *Toyota Production System, Productivity*. 1998. 139 p.
9. Padilla, L. (manufactura esbelta *Ágil*. *Revista Ingeniería Primero volumen* 15, 64-69. 2010. 144 p.
10. Rother, M., Shook, J., Womak, J., & Jones, D. *Learning To See. Creating Continuous Flow. Massachusetts: Lean Enterprise Institute, Inc.* 1999. 158 p.
11. Ruiz Granados, J. *Diplomado Lean Enterprise Procesos de Manufactura y Servicios*. México: Universidad Tecvirtual del Sistema Tecnológico de Monterrey. 2013. 183 p.
12. Socconini, L. *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Norma. 2008. 161 p.
13. Villaseñor, A. *Manual de Lean Manufacturing, Guía Básica*. México: Limusa. 2007. 187p.
14. Womack, J., Jones, D., & Roos, D. *La Máquina que Cambio al Mundo*. Massachusetts: Institute Of technology, McGraw-Hill Management Series. 1992. 305.
15. Womak, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Massachusetts: Simón & Schuter. 1996. 199.

## **APÉNDICE**

## Evaluación *Lean Manufacturing*

<b>1.0</b>	<b>Inventario</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>1.1</b>	Para las categorías de productos terminados, productos en proceso (WIP) y Materias Primas/Insumos, ¿Qué proporción de los mandos medios y altos pueden determinar el uso de cada uno su rotación?	0%-6%	
		7%-55%	
		56%-80%	
		81%-93%	
		94%-100%	
<b>1.2</b>	¿Cuál es el índice de rotación de inventario, incluyendo producto terminado, producto de proceso (WIP) y Materias Primas/Insumos?	0-3	
		4-6	
		7-12	
		13-24	
		25+	
<b>1.3</b>	¿Cuál es el índice de rotación respecto al índice de rotación promedio del mismo tipo de empresa?	<=1.0	
		1.1-2.0	
		2.1-4.0	
		4.1-8.0	
		8.1+	

<b>2.0</b>	<b>El equipo de trabajo</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>2.1</b>	¿Cuál es su tipo de organización?	Autoritario	
		Burocrática	
		Consultiva	
		Democrática/Participativa	
		Altamente democrática/participativa	
<b>2.2</b>	¿Cómo los trabajadores de piso son recompensados?	Incentivos Individuales	
		Salario por horas	
		Incentivos Grupales	
		Salario base	
		Salario base + bono Anual	
<b>2.3</b>	¿Cuál es la seguridad de empleo en la empresa?	Despidos continuos de personal	
		Traslado de personal	
		Muy pocos despidos de personal	
<b>2.4</b>	¿Cuál es la rotación anual de personal?	31%+	
		14%-30%	
		7%-11%	
		3%-6%	
		0%-2%	
<b>2.5</b>	¿Qué porcentaje del personal (Todo el personal) ha recibido al menos 8 horas de	<5%	
		6%-10%	



	capacitación de trabajo en equipo?	11%-30%	
		31%-90%	
		91%-100%	
<b>2.6</b>	¿Qué porcentaje del personal son miembros activos del trabajo en equipo, equipos de calidad o equipos de solución de problemas?	<5%	
		6%-10%	
		11%-30%	
		31%-90%	
		91%-100%	

<b>3.0</b>	<b>Proceso</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>3.1</b>	¿Cuántas máquinas de gran escala o máquinas de procesos específicos tienen en las cuales más del 50% del producto tenga que pasar?	4+	
		3	
		2	
		1	
		0	
<b>3.2</b>	¿En qué escala existe riesgo de desviación en procedimientos establecidos?	Gran Escala	
		Mediana Escala	
		Pequeña escala	
<b>3.3</b>	¿Qué tan fácil cambia de salida de proceso cuando se realiza un cambio de proceso?	Difícilmente	
		Moderadamente difícil	
		Fácilmente	
<b>3.4</b>	¿Es fácil para cambiar la tasa de producción total en un +/- 15 %?	Difícilmente	
		Moderadamente difícil	
		Fácilmente	
<b>3.5</b>	¿Cuál es el objetivo de capacidad de operación de la maquinaria o departamentos?	96%-100%	
		91%-95%	
		86%-90%	
		76%-85%	
		50%-75%	
<b>3.6</b>	¿Cómo evalúa en nivel de tecnología respecto a las desviaciones de proceso?	Tecnología compleja	
		Mezcla de Tecnologías	
		Tecnología Simple	

<b>4.0</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Response</b>	
<b>4.1</b>	Se cuenta con los registros y datos de los equipos. Incluya los registros de actividades, historial de reparaciones y repuestos. (Manuales de reparación y catálogos de repuestos).	No Existen	
		Medianamente completo	
		Completo y específico	
<b>4.2</b>	Sin contar obras en construcción o proyectos, ¿Qué porcentaje de horas se utilizan en actividades correctivas?	71%-90%	
		51%-70%	
		26%-50%	

		11%-25%	
		0%-10%	
<b>4.3</b>	¿Tiene mantenimiento un plan de preventivo y lo ejecuta?	No hay MP	
		1%-10% Cobertura	
		11%-30% Cobertura	
		31%-90% Cobertura	
		91%+ Cobertura	
<b>4.4</b>	¿Existen paros que interrumpan la producción?	Frecuentemente	
		Ocasionalmente	
		Raramente	
<b>4.5</b>	¿Cuál es la disponibilidad promedio general de equipos de la planta?	Desconocida	
		0%-75%	
		76%-90%	
		91%-95%	
		96%-100%	

<b>5.0</b>	<b>Distribución de bodega</b>	<b>Response</b>	
<b>5.1</b>	¿Qué porción de espacio total se utiliza para el almacenamiento y manejo de materiales?	71%-100%	
		46%70%	
		30%-45%	
		16%-30%	
		0%-15%	
<b>5.2</b>	¿Qué porción del espacio de la planta está organizada por función o tipo de proceso?	71%-100%	
		46%70%	
		30%-45%	
		16%-30%	
		0%-15%	
<b>5.3</b>	¿Cómo caracterizaría el movimiento de material?	Cargas más grandes que pallet, largas distancias, patrones de flujo complejos, confusión, pérdida de material.	
		Mayoría de cargas de normal tamaño, distancias intermedias	
		Cargas pequeñas, distancias cortas, flujos directos y fáciles.	
<b>5.4</b>	¿Cómo calificaría el servicio de limpieza general y la apariencia de la planta?	Sucia, desordenada	

		Ocasionalmente sucia y desordenada	
		Impecable, aseado y ordenado	
5.5	¿Cómo podría un extraño caminando a través de su planta de identificar los procesos y su secuencia?	Imposible identificar cualquier secuencia lógica o flujo.	
		La mayoría de los procesos son evidentes con algún estudio. La mayoría de las secuencias son visibles.	
		Los procesos y sus secuencias son inmediatamente visibles.	

6.0	Proveedores	Respuesta	
6.1	¿Cuál es el número de proveedores capaz de abastecer cada materia prima o artículo comprado?	2.5+	
		1.6-2.4	
		1.3-1.7	
		1.2-1.4	
		1.0-1.1	
6.2	En promedio, ¿Cada cuánto, en meses, se utilizan los artículos ingresados?	1-11	
		12-17	
		18-23	
		24-36	
		36+	
6.3	¿Qué parte de la materia prima y las piezas compradas proviene de proveedores calificados, sin necesidad de inspección de entrada?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		70%-100%	
6.4	¿Qué parte de la materia prima y los artículos comprados se entrega directamente al punto de uso sin inspección o almacenamiento?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		70%-100%	
6.5	¿Qué porción de las materias primas y las piezas compradas se entrega más de una vez a la semana?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		70%-100%	

7.0	Configuración	Respuesta	
-----	---------------	-----------	--

<b>7.1</b>	¿Cuál es el tiempo promedio general de puesta a punto o configuración (en minutos) para el equipo principal?	61+	
		29-60	
		16-30	
		10-15	
		0-9	
<b>7.2</b>	¿Qué parte de los operadores de máquinas han tenido entrenamiento formal en técnicas de puesta a punto o arranque?	0%	
		1%-6%	
		7%-18%	
		19%-42%	
		43%-100%	
<b>7.3</b>	¿Hasta qué punto están los gerentes y trabajadores están midiendo el rendimiento de la planta?	No se realiza	
		Se revisa de forma informal	
		Se realiza la medición formal del rendimiento	

<b>8.0</b>	<b>Calidad</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>8.1</b>	¿Qué parte del total de empleados han recibido formación básica de control estadístico de proceso (SPC)?	0%-6%	
		7%-55%	
		56%-80%	
		81%-93%	
		94%-100%	
<b>8.2</b>	¿Qué parte de las operaciones son evaluados con control estadístico de procesos (SPC)?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		71%-100%	
<b>8.3</b>	¿Qué porcentaje de actividades SPC son realizadas por el operador en lugar del ingeniero de calidad o de procesos?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		71%-100%	
<b>8.4</b>	¿Cuál es la ratio general de defectos?	0%	
		1%-10%	
		11%-30%	
		31%-70%	
		71%-100%	

<b>9.0</b>	<b>Control y Planificación</b>	<b>Respuesta</b>	
<b>9.1</b>	¿Qué parte del trabajo fluye directamente en el proceso sin almacenamiento intermedio? (Operaciones continuas)	0%	
		1%-10%	
		11%-35%	
		36%-85%	
		86%-100%	
<b>9.2</b>	¿Qué proporción del trabajo en proceso es controlado por el <i>Kanban</i> ?	0%	
		1%-10%	
		11%-35%	
		36%-85%	
		86%-100%	

Fuente: WWW.STRATEGOSINC.COM



## Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No. 1

Fecha: 12/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	5.5	4	4	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	38.22	39.69	39.69	39.69	39.69	39.69	39.69	38.22	38.22	39.69	39.69	39.69	
Turno: Diurno	BPM	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	7	10	1					2	1	1	1	3		19
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas	11	9	3	1	2	3	1	4	2	2	3	2		32
Botella explotada	4	2			4		3						2	11
Botellas golpeadas	3	4	1			5								10
Botellas caidas en rinser	2	2											6	10
Botellas mal capsuladas	5	4		3	2	2	1							12
Botellas de bajo nivel, sello de copa	3	1				4	3							8
Botella bajo nivel, pistones	1							6						6
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	108
Total cajas		720	720	780	720	720	720	720	720	600	540	660	586	8206

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No. 2

Fecha: 12/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6	5.7	6	4.8	5.1	5	6	5.5	5.7	5.8	5	5.8	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	44	43	44	41	41	45	44	44	43	42	43	42	
Turno: Nocturno	BPM	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	
CAUSAS	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada	3					50				50	50			150
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	150
Total cajas		660	720	720	720	720	720	720	720	720	720	660	672	8472

Fuente: elaboración propia.



### Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No.3

Fecha: 13/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	4.6	4.5	4.5				4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41.16	41.16	39.69	Saneamiento			41.16	41.16	41.16	39.69	39.69	paro	
Turno : Diurno	BPM	615	615	615				615	615	615	615	615	615	
Causas	No. Veces													
Tapa alreves en el carril de bajada													Total	
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia													0	
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas													0	
Botella sin tapas por sensor de tulipas	4	4	2	4				3					13	
Botella explotada	3	2	3	1									6	
Botellas golpeadas													0	
Botellas caidas en rinser	1	1											1	
Botellas mal capsuladas	7	3	2					1	2	4	3	3	18	
Botellas de bajo nivel, sello de copa	2										20	2	22	
Botella bajo nivel, pistones													0	
Taza inundada													0	
Espumeo													0	
tapa trabada en pick and place	4								35	4	3	3	45	
Tapa trabada en mandril	1									10			10	
Tiempo en horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Total cajas		780	810	840	840	840	690	840	810	600	750	750	240	8790

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No.4

Fecha: 13/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8			
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41			
Turno: Nocturno	BPM	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	
Causas	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada					2			2		3				7
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	4		6		14	8	2							30
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas(presinto)	2		35	45	30			15		16				141
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta	2						3				12			15
Tiempo en horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	193
Total cajas		720	720	720	720	420	720	660	720	720	720	720	540	8100

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No. 5

Fecha: 14/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63	42.63
Turno : Diurno	BPM	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615
CAUSAS	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	8	3		2	3		1			1	5	2	2	19
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	1					12								12
Botella sin tapas por sensor de tulipas	9	1	6	3	1				1	1	4	3	1	21
Botella explotada	5		1	1				1		8	9			20
Botellas golpeadas														0
Botellas caídas en rinser														0
Botellas mal capsuladas	7	1	2		2				2		6	2	1	16
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta	1			3										3
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	91
Total Cajas		240	600	780	720	540	720	720	540	720	720	720	684	7704

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases situación actual No.6

Fecha: 14/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	42	42	42	41	42	41	42	42	42	41	42	42	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	
Turno : Nocturno	BPM	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	
POR QUE'S	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada	3					7		4				2		13
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	3	3								2		4		9
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	7	6			3		4		5	5	3	5		31
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada	4		1			1				3		1		6
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser	5			2			5		3	4		3		17
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	76
Total Cajas		660	700	600	480	0	0	0	120	180	540	720	660	4660

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No.1

Fecha: 18/08/2014	Temperatura (C), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Turno: Diurno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces														Total
Tapa alreves en el carril de bajada															0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia															0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	2			2					1						3
Botella sin tapas por sensor de tulipas	2	3												2	5
Botella explotada															0
Botellas golpeadas															0
Botellas caidas en rinser															0
Botellas mal capsuladas															0
Botellas de bajo nivel, sello de copa															0
Botella bajo nivel, pistones															0
Taza inundada															0
Espumeo															0
tapa trabada en pick and place	1									30					30
Tapa trabada en mandril	2				3							2			5
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		43
Total cajas		660	660	660	660	660	660	660	600	660	660	660	650		7850

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No. 2

Fecha: 18/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	1						25							25
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada	5	2				4	5				1			13
Botellas golpeadas														0
Botellas caídas en ríser	6	3	3	2							4	1	1	14
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa	4	2			1					4	1			8
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	60
Total cajas		480	720	300	420	660	660			360	660	660	660	5580

Fuente: elaboración propia.

### Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No.3

Fecha: 20/08/2014	Temperatura (C), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	3				10	3	13							26
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada	5		1	2		1						1	2	7
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas	2	1											1	2
Botellas de bajo nivel, sello de copa	2			1									1	2
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
<b>TIEMPO EN HORAS</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	37
Total cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No. 4

Fecha: 20/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8			
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41			
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas(presinto)	4						13			10	38		3	64
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser	5	5	1	1	4	2								13
Botellas mal capsuladas	3	2	1			1								4
Botellas de bajo nivel, sello de copa	5		2	2		1	2			1				8
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	89
Total Cajas		540	600	720	540	540	540	540	600	660	720	600	720	7320

Fuente: elaboración propia.



## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No. 5

Fecha: 21/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8	5	4.8	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41	42	41	
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	2		5							30				35
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	35
Total Cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Heijunka* No.6

Fecha: 21/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8	5	4.8	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41	42	41	
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	3	12	4	1	2									19
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas	3	47				25	39							111
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caídas en rinser														0
Botellas mal capsuladas	1	1	3											4
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place														0
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	134
Total Cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka Yoke* No.1

Fecha: 24/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Turno: Diurno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada	6	2	2		2		3		2		2			13
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place			1			1			1			2		5
Tapa trabada en mandril														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18
Total cajas		660	660	660	660	660	660	660	600	660	660	660	650	7850

Fuente: elaboración propia.

**Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka Yoke* No.2**

Fecha: 24/08/2014	Temperatura (C), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia														0
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada	3		4				1				2			7
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser	1	12			5						10			27
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place	4	1		3	1						4			9
Tapa trabada en mandril				3							2			5
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	48
Total cajas		480	720	300	420	660	660			360	660	660	660	5580

Fuente: elaboración propia.

**Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka Yoke* No.3**

Fecha: 25/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	5	3			1		1			1			1	7
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas							2	2	3	3				10
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place		1		1	1	1	1					1		6
Tapa trabada en mandril														0
<b>TIEMPO EN HORAS</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	23
	Total cajas	660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka Yoke* No.4

Fecha: 25/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8				
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41				
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces														Total
Tapa alreves en el carril de bajada															0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	4	2		3				1			1				7
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas(presinto)															0
Botella sin tapas por sensor de tulipas				2						3					5
Botella explotada															0
Botellas golpeadas															0
Botellas caidas en rinser															0
Botellas mal capsuladas															0
Botellas de bajo nivel, sello de copa															0
Botella bajo nivel, pistones															0
Taza inundada															0
Espumeo															0
tapa trabada en pick and place															0
Tapa trabada en mandril		1		2	2										5
Botella sin etiqueta															0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	17	
Total Cajas		540	600	720	540	540	540	540	600	660	720	600	720	7320	

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka Yoke* No. 5

Fecha: 26/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8	5	4.8	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41	42	41	
Turno: Nocturno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	3		2				1				1			4
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caidas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa														0
Botella bajo nivel, pistones	7		1	2	1			1		1		2		8
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place			2			3				2				7
Tapa trabada en mandril														0
Botella sin etiqueta														0
TIEMPO EN HORAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	19
Total Cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.

## Hoja de verificación de desperdicio de envases aplicando *Jidoka-Poka* Yoke No.6

Fecha: 26/08/2014	Temperatura ( C ), de carbonatación	6.3	6	5.3	6.8	5	6	5	5	5	4.8	5	4.8	
Formato: 0.360 ml	Presión (PSI), de carbonatación	41	42	42	43	42	42	42	42	42	41	42	41	
Turno: Diurno	BPM	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	
<b>CAUSAS</b>	No. Veces													Total
Tapa alreves en el carril de bajada														0
Mala calibración de sensor abre valvulas, botella vacia	1					1								1
Mala calidad de tapa, trabada en carril de tapas														0
Botella sin tapas por sensor de tulipas														0
Botella explotada														0
Botellas golpeadas														0
Botellas caídas en rinser														0
Botellas mal capsuladas														0
Botellas de bajo nivel, sello de copa		2		2	4	3								11
Botella bajo nivel, pistones														0
Taza inundada														0
Espumeo														0
tapa trabada en pick and place	2		2				1							3
Tapa trabada en mandril														0
<b>TIEMPO EN HORAS</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15
Total Cajas		660	660	660	600	660	660	660	660	660	660	540	703	7783

Fuente: elaboración propia.



**Tabla resumen de causas y nivel de desperdicio antes de aplicar herramientas de manufactura esbelta**

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Mala calidad de tapa, atorada en carril de tapas	184	25.10	25.10
Insumo	Tapa volteada en el carril de bajada	170	48.29	23.19
Mano obra	Mala calibración de sensor abre válvulas	77	58.80	10.50
Mano de Obra	Botella sin tapa por sensor de tulipa	66	67.80	9.00
Máquina	Botella mal capsulada	46	74.08	6.28
Máquina	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	45	80.22	6.14
Insumo	Botella explotada	43	86.08	5.87
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	30	90.18	4.09
Máquina	Botellas caídas en el rinser	28	94.00	3.82
Mano de obra	Botella sin etiqueta	18	96.45	2.46
Máquina	Botellas golpeadas	10	97.82	1.36
Insumo	Tapa trabada en mandril	10	99.18	1.36
Máquina	Botella bajo nivel, pistones	6	100.00	0.82
Mano de obra	Taza inundada	0	100.00	0.00
Máquina	Espumeo	0	100.00	0.00
	TOTAL	733		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla resumen de factores, causas y nivel de desperdicio aplicando *Heijunka***

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Mala calidad de tapa, atorada en carril de tapas	264	66.33	66.33
Insumo	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	30	73.87	7.54
Mano obra	Botellas caídas en rinser	27	80.65	6.78
Mano de Obra	Botella explotada	20	85.68	5.03
Máquina	Mala calibración de sensor abre válvulas	19	90.45	4.77
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	94.97	4.52
Insumo	Botella mal capsulada	10	97.49	2.51
Máquina	Botella sin tapa, sensor de tulipas	5	98.74	1.26
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100.00	1.26
Mano de obra	Tapa volteada en carril de bajada	0	100.00	0.00
Máquina	Botella golpeada	0	100.00	0.00
Insumo	Botella bajo nivel, pistones	0	100.00	0.00
Máquina	Taza inundada	0	100.00	0.00
Mano de obra	Espumeo	0	100.00	0.00
Máquina	Botella sin etiqueta	0	100.00	0.00
	TOTAL	398		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla resumen de causas y nivel de desperdicio aplicando *Jidoka* y *Poka - Yoke***

Causas de desperdicio de envases				
Factor	Descripción	No. Envases	% acumulado	%
Insumo	Tapa atorada en <i>pick and place</i>	30	22.39	22.39

Insumo	Botella caída en rinser	27	42.54	20.15
Mano obra	Botella explotada	20	57.46	14.93
Mano Obra	Mala calibración de sensor abre válvulas.	19	71.64	14.18
Máquina	Botella de bajo nivel, sello de copa	18	85.07	13.43
Máquina	Botella mal capsulada	10	92.54	7.46
Insumo	Botella sin tapa por sensor de tulipa	5	96.27	3.73
Máquina	Tapa atorada en mandril	5	100.00	3.73
Máquina	Mala calidad de tapa	0	100.00	0.00
Mano de obra	Tapa volteada en el carril de tapas	0	100.00	0.00
Máquina	Tapa volteada en el carril de bajada	0	100.00	0.00
Insumo	Botellas golpeadas	0	100.00	0.00
Máquina	Botella de bajo nivel, pistones	0	100.00	0.00
Mano de obra	Taza inundada	0	100.00	0.00
Máquina	Espumeo	0	100.00	0.00
	TOTAL	134		

Fuente: elaboración propia.

