

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS REHIDRATANTES

Tesis para optar el Título de **Ingeniera Industrial**, que presentan las bachilleras:

Carla Alvarez Reyes

Paula De La Jara Gonzales

ASESOR: César Corrales Riveros

Lima, octubre del 2012

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el análisis, diagnóstico, y propuesta de mejoras en los procesos de una empresa fabricante de bebidas rehidratantes, la cual tiene un alto porcentaje de posicionamiento en su rubro a nivel nacional.

La mejora de los procesos tiene como objetivo la optimización de los mismos en términos de aumento de la producción, reducción de costos, incremento de la calidad y de la satisfacción del cliente. Dicha mejora debe ser continua ya que busca el perfeccionamiento global de una empresa y del desempeño de sus procesos.

En el análisis de los problemas más relevantes del proceso de producción, se diagnosticó que existe un tiempo excesivo por paradas de planta, y además un alto porcentaje de mermas de las botellas, tapas, y etiquetas. Para el primer caso, se empleó la herramienta SMED para la reducción de tiempos durante el cambio de formato, del mismo modo, se presentan mejoras relacionadas a la eliminación de tiempos por traslados de herramientas, ajustes en los equipos, y un plan de capacitación de los operarios; así se logra reducir el tiempo por paradas de planta en un 52%. Con relación al segundo caso, se propone la implementación de límites de control para las mermas de manera que se pueda reducir la variabilidad de las mismas, y a la vez, se permita realizar el aseguramiento de las mejoras antes mencionadas.

Las propuestas de mejora presentadas no son independientes una de la otra, por el contrario, se logra una sinergia entre ellas que permite el mejor aprovechamiento de recursos (como insumos, maquinaria, mano de obra) y el aumento de tiempo disponible para la producción, lo cual se traduce en mayores ventas, mayores ingresos, y por lo tanto, mayor rentabilidad para la empresa.

Dedicatoria

A mi mami por cada palabra, a mi papi por el Su-Re-Mu-Di, a ellos dos por todo su amor; a Paula por ser mi compañera de tesis y una amiga incondicional; y a todas las personas que siempre han estado presentes.

(Carla Alvarez)

A mi mami por su apoyo incondicional, a amiga y mi compañera de tesis Carla por estar siempre presente, y a José Antonio que nos apoyó mucho con desarrollo de este trabajo de investigación.

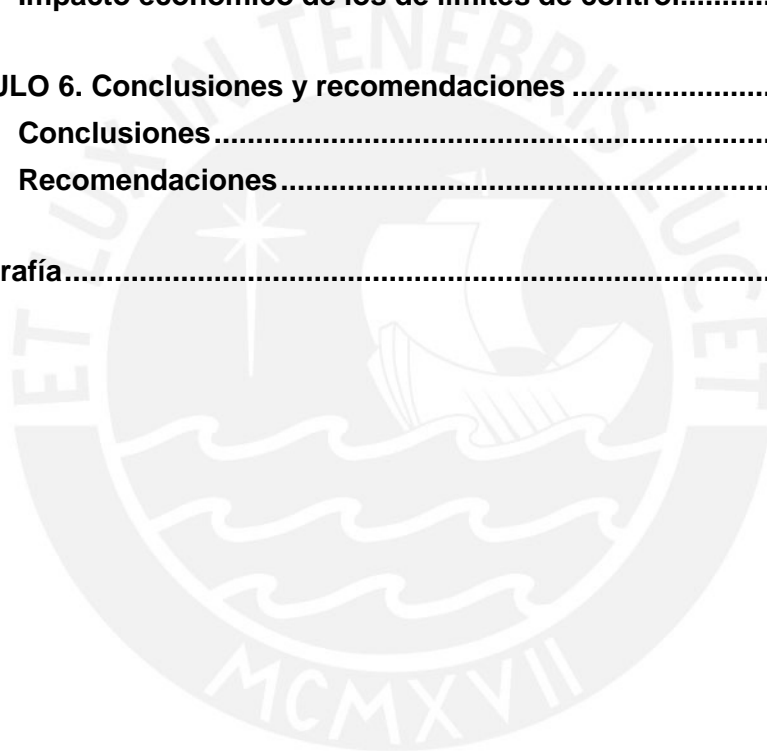
(Paula De La Jara)



Índice de contenido

| | |
|--|-----------|
| Índice de Figuras | iv |
| Índice de Tablas..... | vi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1. Marco teórico | 2 |
| 1.1 Definición de Proceso | 2 |
| 1.2 Tipos de Procesos..... | 2 |
| 1.3 Elementos y factores de un proceso | 3 |
| 1.4 Mejora continua de los procesos | 4 |
| 1.5 El ciclo de mejora continua: PDCA | 5 |
| 1.6 Herramientas para la mejora de procesos..... | 7 |
| 1.6.1 Lista de verificación..... | 7 |
| 1.6.2 Histograma..... | 8 |
| 1.6.3 Gráfico de Pareto | 9 |
| 1.6.4 Diagrama de dispersión | 11 |
| 1.6.5 Diagrama causa – efecto | 12 |
| 1.6.6 Gráficas de control..... | 13 |
| 1.7 Lean manufacturing | 14 |
| CAPÍTULO 2. Descripción de la empresa..... | 15 |
| 2.1 Descripción de la empresa | 15 |
| 2.1.1 Principios organizacionales..... | 15 |
| 2.2 Instalaciones..... | 17 |
| 2.3 El producto y su proceso operativo..... | 18 |
| 2.3.1 Proceso productivo | 20 |
| 2.3.2 Máquinas principales del proceso productivo | 25 |
| CAPÍTULO 3. Diagnóstico de la empresa..... | 29 |
| 3.1 Identificación de los problemas | 29 |
| 3.2 Matriz de selección de problemas relevantes | 35 |
| 3.3 Análisis de causas de los problemas..... | 37 |
| 3.3.1 Causas del alto porcentaje de mermas | 37 |
| 3.3.2 Causas del tiempo excesivo por paradas de planta | 39 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 4. Propuestas de mejora | 42 |
| 4.1 Herramienta para la mejora: SMED | 43 |
| 4.1.1 Situación actual..... | 45 |
| 4.1.2 Propuestas de mejora | 64 |
| 4.1.3 Situación futura | 75 |
| 4.2 Herramienta para la mejora: Límites de control | 75 |
| 4.2.1 Situación actual..... | 77 |
| 4.2.2 Propuesta de límites de control..... | 87 |
| CAPÍTULO 5. Impacto económico | 91 |
| 5.1 Impacto económico de la implementación de SMED..... | 91 |
| 5.2 Impacto económico de los de límites de control..... | 92 |
| CAPÍTULO 6. Conclusiones y recomendaciones | 94 |
| 6.1 Conclusiones..... | 94 |
| 6.2 Recomendaciones..... | 95 |
| Bibliografía..... | 97 |



Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Lista de verificación (ejemplo)..... | 7 |
| Figura 2: Histograma bimodal..... | 9 |
| Figura 3: Diagrama de Pareto..... | 11 |
| Figura 4: Diagrama Causa - Efecto..... | 12 |
| Figura 5: Gráfico de Control..... | 13 |
| Figura 6: Layout de la planta de producción | 18 |
| Figura 7: Botella de 500 y 750 ml | 20 |
| Figura 8: Diagrama de flujo del proceso productivo | 24 |
| Figura 9: Depaletizador..... | 26 |
| Figura 10: Sujeción de la botella en el transportador aéreo | 26 |
| Figura 11: Máquina Tri-Block..... | 27 |
| Figura 12: Mermas de botellas (presentación 500 ml) | 29 |
| Figura 13: Mermas de botellas (presentación 750 ml) | 30 |
| Figura 14: Mermas de tapas (presentación 500 ml) | 30 |
| Figura 15: Mermas de tapas (presentación 750 ml) | 31 |
| Figura 16: Mermas de etiquetas (presentación 500 ml) | 31 |
| Figura 17: Mermas de etiquetas (presentación 750 ml) | 32 |
| Figura 18: Mermas de botellas, tapas, y etiquetas (presentación 500 ml)..... | 33 |
| Figura 19: Merma de botellas, tapas, y etiquetas (presentación 750 ml)..... | 33 |
| Figura 20: Tinas del Cooler..... | 34 |
| Figura 21: Diagrama Causa-Efecto para alto porcentaje de mermas..... | 40 |
| Figura 22: Diagrama Causa-Efecto para el tiempo excesivo por parada de planta . | 41 |
| Figura 23: Sensor en el depaletizador | 45 |
| Figura 24: Barandas de la línea de producción..... | 46 |
| Figura 25: Guía de entrada al <i>conveyor</i> aéreo..... | 47 |
| Figura 26: Máquinas del Tri-block..... | 47 |
| Figura 27: Goma Centradora | 48 |
| Figura 28: Esquema de la llenadora | 48 |
| Figura 29: Centrador de Cuello..... | 49 |
| Figura 30: Centrador de Botella | 49 |
| Figura 31: Botella centrada con válvula | 50 |
| Figura 32: Capsuladora | 50 |
| Figura 33: Centrado del cabezal con el antigiro | 51 |
| Figura 34: Tornillo sinfín y sujetadores | 51 |
| Figura 35: Sensor y manivelas..... | 52 |
| Figura 36: Faja conductora | 52 |
| Figura 37: Bigotes de la etiquetadora | 53 |
| Figura 38: Regulación del Horno de Pre Encogido | 53 |
| Figura 39: Regulación de Toberas de Vapor..... | 54 |
| Figura 40: Cuchillas de aire a la salida del túnel de vapor | 54 |
| Figura 41: Lados de las barandas de la empacadora | 55 |
| Figura 42: Planchas separadoras a la entrada de la empacadora | 56 |
| Figura 43: Ajustadores..... | 56 |
| Figura 44: Barandas paralelas dobles..... | 57 |
| Figura 45: Ubicación de fingers | 57 |
| Figura 46: Fingers..... | 57 |
| Figura 47: Regulación de los sujetadores | 58 |
| Figura 48: Regulación de la altura del sistema del <i>Wrapper</i> | 58 |
| Figura 49: Sensor de presencia de botellas | 59 |
| Figura 50: Panel de Control | 59 |
| Figura 51: Diagrama Multi-Actividades Hombre-Máquina | 61 |
| Figura 52: Disposición de los carros porta herramientas en la planta | 65 |
| Figura 53: Carro porta herramientas | 65 |

| | |
|--|----|
| Figura 54: Marcas en el sensor de la tapadora | 68 |
| Figura 55: Marcas en el sensor de la empacadora | 69 |
| Figura 56: Marcas en el sensor del depaletizador..... | 69 |
| Figura 57: Diagrama Multi–Actividades Hombre–Máquina Situación Futura | 74 |
| Figura 58: Gráfico de Control..... | 76 |
| Figura 59: Prueba de normalidad para las botellas de 500 ml..... | 79 |
| Figura 60: Límites de control para las mermas de las botellas de 500 ml | 79 |
| Figura 61: Prueba de normalidad para las tapas de 500 ml | 80 |
| Figura 62: Límites de control para las mermas de las tapas de 500 ml..... | 80 |
| Figura 63: Prueba de normalidad para las etiquetas de 500 ml | 81 |
| Figura 64: Límites de control para las mermas de las etiquetas de 500 ml | 81 |
| Figura 65: Prueba de normalidad para las botellas de 500 ml..... | 83 |
| Figura 66: Límites de control para las mermas de las botellas de 750 ml | 84 |
| Figura 67: Prueba de normalidad para las tapas de 500 ml | 84 |
| Figura 68: Límites de control para las mermas de las tapas de 750 ml..... | 85 |
| Figura 69: Prueba de normalidad para las etiquetas de 500 ml | 85 |
| Figura 70: Límites de control para las mermas de las etiquetas de 750 ml | 86 |
| Figura 71: Límites de control para el número de etiquetas..... | 89 |



Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Insumos del producto..... | 19 |
| Tabla 2: Características fisicoquímicas..... | 19 |
| Tabla 3: Parámetros de la Pasteurización | 22 |
| Tabla 4: Armado de paletas..... | 25 |
| Tabla 5: Matriz de selección | 36 |
| Tabla 6: Propuestas de mejora | 42 |
| Tabla 7: Tipos de Desperdicios..... | 62 |
| Tabla 8: Análisis de Preparación de la Empacadora..... | 62 |
| Tabla 9: Análisis de Preparación del Triblock | 63 |
| Tabla 10: Análisis de Preparación del Depaletizador | 63 |
| Tabla 11: Análisis de Preparación de la Etiquetadora..... | 64 |
| Tabla 12: Lista de Comprobación en la Empacadora..... | 66 |
| Tabla 13: Lista de Comprobación en el Triblock | 67 |
| Tabla 14: Lista de Comprobación en el Depaletizador | 67 |
| Tabla 15: Lista de Comprobación en la Etiquetadora..... | 67 |
| Tabla 16: Análisis de Preparación de la Empacadora. Situación Futura | 70 |
| Tabla 17: Análisis de Preparación del Triblock. Situación Futura..... | 71 |
| Tabla 18: Análisis de Preparación del Depaletizador. Situación Futura | 71 |
| Tabla 19: Análisis de Preparación de la Etiquetadora. Situación Futura | 72 |
| Tabla 20: Muestra para la presentación de 500 ml | 77 |
| Tabla 21: Muestra para la presentación de 500 ml | 82 |
| Tabla 22: Resumen del promedio de mermas | 86 |
| Tabla 23: Muestra de las bobinas de etiquetas..... | 87 |
| Tabla 24: Propuesta de Límites de Control..... | 90 |
| Tabla 25: Costos de la implementación de las mejoras | 91 |
| Tabla 26: Producción mensual actual | 91 |
| Tabla 27: Producción mensual futura..... | 91 |
| Tabla 28: Análisis costo beneficio..... | 92 |
| Tabla 29: Unidades mermadas situación actual..... | 92 |
| Tabla 30: Unidades mermadas situación futura | 92 |
| Tabla 31: Costos y ahorro de la mejora | 93 |


 MCMXVII

INTRODUCCIÓN

La mejora de procesos es el estudio de la secuencia de actividades, y de sus entradas y salidas, con el objetivo de entender el proceso y sus detalles. Esta filosofía busca desarrollar mecanismos que permitan mejorar el desempeño de los procesos, es decir, optimizarlos en función a la reducción de costos y al incremento de la productividad y calidad.

En el capítulo 1 del presente trabajo se comienza por describir los diferentes tipos de procesos existentes, los elementos y factores que los componen, y las herramientas aplicadas para el mejoramiento de los procesos la empresa en estudio.

Posteriormente, en el capítulo 2, se procede a describir a la empresa, sus instalaciones, el producto que elaboran, y su proceso productivo. Una vez expuesto todo lo anterior, en el capítulo 3 se realiza el diagnóstico actual de la situación de la empresa, identificando los problemas principales, mediante una matriz de ponderación de factores; del mismo modo, se analizan las causas de dichos problemas.

En el capítulo 4, se plantean las propuestas de mejora, las cuales son desarrolladas con la ayuda de herramientas aprendidas a lo largo de la carrera. El objetivo de este capítulo es la reducción o incluso eliminación de las causas y efectos de los problemas de la empresa; con ello se espera la reducción en costos, tiempos muertos, y mermas del proceso productivo.

Por último, en el capítulo 5 se muestra el impacto económico de las mejoras aplicadas a los procesos de la empresa. La evaluación económica se evaluará en función a los costos asociados a la implementación de las mejoras propuestas y los ingresos o beneficios obtenidos, pudiendo apreciar el ahorro que estas mejoras suponen a la empresa.

CAPÍTULO 1. Marco teórico

1.1 Definición de Proceso

Un proceso es un conjunto ordenado de actividades repetitivas, las cuales poseen una secuencia específica e interactúan entre sí, transformando elementos de entrada en resultados. Los resultados obtenidos poseen un valor intrínseco para el usuario o cliente (Pérez, 2010).

Según Chang (1996), un proceso es una serie de tareas que poseen un valor agregado, las cuales se vinculan entre sí, para transformar un insumo en un producto, ya sea este producto resultante un bien tangible o un servicio. Los procesos pueden ir desde simples actividades que se realizan día a día como preparar una taza de café o hasta la fabricación de un automóvil.

“Proceso es un conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad, etc.” (Bonilla, Kleeberg, y Noriega, 2010).

1.2 Tipos de Procesos

De acuerdo al impacto que generan en el resultado final, existen tres tipos de procesos en una organización: estratégicos, clave, y de soporte (Camisón, 2009).

Los procesos estratégicos son aquellos mediante los que la organización define y controla sus políticas, objetivos, metas y estrategias. Dichos procesos están relacionados con planificación, desarrollo de la visión, misión y valores de la organización. Estos proporcionan las directrices y límites al resto de procesos, por lo tanto, afectan e impactan en la organización en su totalidad (De La Cruz, 2008).

Según Tovar y Mota (2007), los procesos clave son los que responden a la razón de ser del negocio y que impactan directamente en cualquier

requerimiento de los clientes, en otras palabras, son los principales responsables de lograr los objetivos trazados en la empresa. Los procesos relacionados son todos aquellos que transforman recursos para obtener productos y/o brindar servicios; y dependen, básicamente, del tipo de organización y sus operaciones críticas.

Por otro lado, los procesos de soporte son todos aquellos que proporcionan los recursos necesarios y apoyan al desarrollo de los procesos clave de la organización (Tovar y Mota, 2007).

1.3 Elementos y factores de un proceso

Todo proceso está compuesto de tres elementos fundamentales los cuales son los inputs o entradas, la secuencia de actividades, y finalmente, los outputs o salidas (Pérez, 2010).

Según Camacho (2008), los inputs o entradas se dividen en recursos e insumos. Los primeros permiten el desarrollo de las operaciones o tareas del proceso, y pueden ser tangibles o intangibles; asimismo, los recursos pueden ser de distintos tipos: financieros, humanos, espacio físico, energía, informáticos, *know-how*, marco legal, etc. Por otro lado, los insumos son bienes materiales que serán procesados para la obtención del producto final (output).

Tal como su nombre lo indica, la secuencia de actividades, es el conjunto de operaciones o tareas, relacionadas entre sí, que se realizan para transformar los inputs y convertirlos en outputs.

Por último, los outputs o salidas son los resultados o productos generados por la secuencia de actividades. “El producto del proceso ha de tener un valor intrínseco, medible o evaluable, para su cliente o usuario”(Pérez, 2010).

Según Bonilla *et alii* (2010), los procesos utilizan 6 recursos principales, los cuales se describen a continuación:

- ❖ **Mano de obra:** se refiere al responsable del proceso y todo el recurso humano que interviene en el mismo, por lo que, sus conocimientos, habilidades y actitudes, influyen directamente en los resultados del proceso.
- ❖ **Materiales o suministros:** incluye a todas las entradas a ser transformadas, es decir, las materias primas, las partes en proceso y la información para su correcto uso.
- ❖ **Maquinaria y equipo:** son todas las instalaciones, maquinaria, hardware, y software que complementan a la mano de obra y permiten la realización de los procesos; los niveles de precisión y exactitud dependen de su adecuada calibración, mantenimiento y oportuno replazo.
- ❖ **Métodos:** se refiera a la definición formal y estandarizada de las políticas, procedimientos, normas e instrucciones empleadas para la ejecución de un determinado trabajo
- ❖ **Medios de control:** son las herramientas utilizadas para evaluar el desempeño y los resultados del proceso.
- ❖ **Medio ambiente:** es el entorno en el cual se lleva a cabo el proceso, incluye el espacio, la ventilación, la seguridad, la iluminación, etc.

1.4 Mejora continua de los procesos

La mejora de los procesos es el estudio de todos los elementos del mismo; es decir, la secuencia de actividades, sus entradas y salidas, con el objetivo de entender el proceso y sus detalles, y de esta manera, poder optimizarlo en función a la reducción de costos y el incremento de la calidad del producto y de la satisfacción del cliente (Krajewski, Ritzman, y Malhotra, 2008).

De la misma manera, la mejora continua (*continuous improvement*), es una filosofía “de nunca acabar”, que asume el reto del perfeccionamiento constante de los procesos, productos y servicios de una empresa. “Esta

filosofía busca un mejoramiento continuo de la utilización de la maquinaria, los materiales, la fuerza laboral y los métodos de producción” (Chase, Aquino y Jacobs, 2000:211).

La mejora continua de los procesos, es entonces, una estrategia de gestión que consiste en el desarrollo de mecanismos que permitan mejorar el desempeño de los procesos y, a su vez, elevar la satisfacción de los clientes (Bonilla et alii, 2010).

1.5 El ciclo de mejora continua: PDCA

El ciclo PDCA (*plan, do, check, act*) o PHVA (planear, hacer, verificar, actuar), también conocido como el Círculo de Deming, explica los pasos a seguir en el proceso de mejora continua.

a) Etapa de planear (P): esta etapa se divide en 3 pasos importantes:

- ❖ Seleccionar el problema: partiendo de la premisa de que un problema es un resultado que no se ajusta al estándar establecido, en este paso se identifican los problemas principales, los cuales deben ser vistos como oportunidades de mejora, finalmente se seleccionará el problema más relevante mediante una matriz de ponderación de factores (Bonilla *et alii*, 2010).
- ❖ Comprender el problema y establecer una meta: en este paso se revisará toda la data disponible del proceso para entenderlo completamente; es recomendable elaborar un diagrama de flujo del proceso o producto que se está estudiando (Singh, 1997).
- ❖ Analizar las causas del problema: primero se debe realizar un *brainstorming* para poder determinar todas las causas potenciales, la siguiente actividad es hacer un análisis causa – efecto y determinar las causas más críticas, las cuales deberán ser clasificadas según los 6 recursos de los procesos explicados anteriormente (Bonilla *et alii*, 2010).

b) Etapa de hacer (H):

En esta etapa se debe proponer, seleccionar, y programar las soluciones ante los problemas principales encontrados. Las alternativas de solución deben atacar las causas críticas y ser analizadas desde distintos enfoques de manera que sean de alto impacto sobre dichas causas. Para seleccionar la mejor alternativa, se deben establecer criterios de evaluación y elaborar una matriz que permita elegir la solución más adecuada. Respecto a la programación de la implementación de la solución elegida, primero es necesario determinar las actividades, recursos y designar responsables, así se podrá elaborar un cronograma de implementación (Bonilla *et alii*, 2012).

c) Etapa de verificar (V):

En esta etapa se determina la efectividad de la solución implementada, para ello se deben medir los resultados en función de desempeño con respecto al proceso antes del cambio. Podría ocurrir que los resultados no sean los esperados, entonces se deberá volver al análisis de las causas del problema, de lo contrario, se continuará con la siguiente etapa del ciclo PHVA (Singh, 1997).

d) Etapa de actuar (A):

Una vez que se ha verificado que la solución se ajusta a los niveles de desempeño deseados, es muy importante documentar los procedimientos de operación actuales ya que una documentación eficiente permite la estandarización, luego se deben brindar las capacitaciones necesarias al personal involucrado. Del mismo modo, se deben establecer parámetros a controlar y que permitan realizar un seguimiento adecuado al proceso. Finalmente, es importante difundir el proyecto de implementación y dar a conocer los resultados alcanzados.

1.6 Herramientas para la mejora de procesos

1.6.1 Lista de verificación

La lista de verificación de datos es el punto de partida de la mayoría de los ciclos de solución de problemas, esta herramienta se utiliza para observar la frecuencia de características analizadas y construir gráficas o diagramas a partir de ellas. Así también, sirven para informar del estado de las operaciones, evaluar la tendencia de los datos y la dispersión de la producción. Por último, ayudan a comprobar características de calidad (durante el proceso productivo o en el producto terminado).

Esta herramienta es un formulario que se usa para registrar la frecuencia con que se presentan las características -relacionados con la calidad- de cierto producto o servicio, las cuales se pueden medir sobre una escala continua, por ejemplo: peso, diámetro, longitud, etc.; o por medio de una valoración de “sí” o “no”, por ejemplo: cambio de color de la pintura, mal olor, contenido excesivo de grasas en los alimentos, entre otros, un formato ejemplo de este caso se presenta en la Figura 1 (Krajewsky, 2000).

| | | | |
|------------|-------|--|--|
| Fecha | _____ | | |
| Turno | _____ | | |
| Supervisor | _____ | | |
| Producto | _____ | | |

| Característica | Valoración | | Observaciones |
|------------------|------------|----|---------------|
| | SÍ | NO | |
| Característica 1 | | | |
| Característica 2 | | | |
| Característica 3 | | | |
| Característica 4 | | | |
| | | | |
| Característica n | | | |

Comentarios Adicionales

Figura 1: Lista de verificación (ejemplo)

Elaboración propia

Con esta herramienta se pueden identificar las causas reales de un problema ya que se analizan los hechos, no las opiniones (Guajardo, 1996).

Según Guajardo (1996), una lista de verificación se elabora de la siguiente manera:

- ❖ Determinar las características a observar y datos a obtener, los cuales deben interrelacionarse entre sí.
- ❖ Definir el periodo de observación y las personas necesarias para dichas observaciones.
- ❖ Establecer un formato apropiado, claro y fácil de comprender.
- ❖ Determinar la simbología a utilizar para obtener los datos en forma sencilla y consistente.

1.6.2 Histograma

Según James (1997), los histogramas son una representación gráfica de un conjunto de datos y son utilizados para visualizar los datos generados en las hojas de control. Así mismo, los histogramas reflejan el modelo y forma de distribución que sigue la población de la que se extrajeron los datos. Con ayuda de los histogramas es posible ver de manera clara los resultados de los productos de la muestra que no son conformes, lo cual facilita la toma de decisiones.

Guajardo (1996) plantea que esta herramienta se usa para:

- ❖ Visualizar la variabilidad o distribución de los datos respecto al promedio.
- ❖ Contrastar los datos reales obtenidos con las especificaciones del proceso.
- ❖ Comparar dos grupos de datos con el fin de sacar conclusiones.

Según Sosa (1998), los histogramas pueden presentar los siguientes perfiles:

- a) **Histograma unimodal:** es aquel que presenta la mayor parte de los datos acumulados casi en el centro y los demás distribuidos a los lados.

- b) **Histograma bimodal:** en este caso se presentan dos modas, pareciera que fueran dos histogramas, pero con un mismo grupo de datos se obtienen dos modas. En la Figura 2 se presenta un ejemplo de esta herramienta.

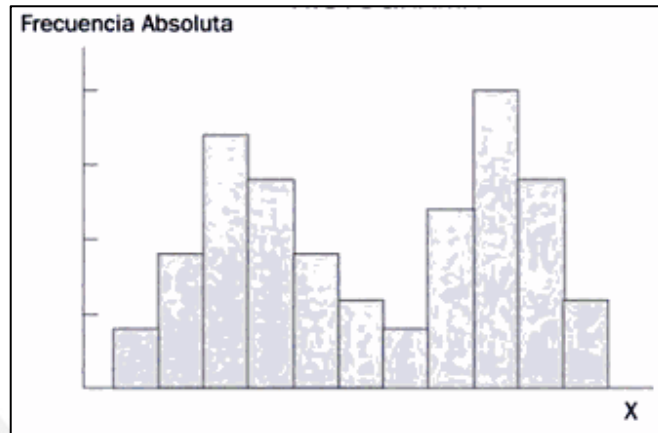


Figura 2: Histograma bimodal

Fuente: Vilar y Delgado (2005)

- c) **Histograma unimodal de variabilidad pequeña:** se refleja una gráfica muy esbelta (ancho del histograma muy pequeño).
- d) **Histograma unimodal de variabilidad grande:** para este caso se presenta un ancho del histograma bastante grande.
- e) **Histograma de sesgo positivo:** este es un histograma unimodal, pero los datos se centran al extremo izquierdo, cabe resaltar que de este lado de la moda no hay datos, solamente del lado derecho.
- f) **Histograma de sesgo negativo:** representa el efecto contrario que el caso anterior. La moda aparece al lado derecho y los datos se acumulan al lado izquierdo.

1.6.3 Gráfico de Pareto

“El principio de Pareto se debe al economista Italiano de origen francés Wilfredo Pareto, quien estableció en términos de promedio que el 80% de las cosas que ocurren gracias a un 20% de ellas, de ahí es donde se le conoce a este principio también como el de 80-20” (Sosa, 1998:91).

Según Guajardo (1996), el principio de Pareto favorece la determinación de las pocas causas vitales en la solución de un problema, discriminando los muchos efectos triviales, y ayuda a concentrar los esfuerzos en lo más beneficioso y fácil para dichas soluciones.

Un ejemplo de este principio, es que el 80% de los productos son comprados por el 20% de los clientes; el 80 por ciento de los defectos son producidos por el 20 por ciento de las máquinas; y que también se encuentran en relación de 80 a 20 las fallas, las cuales se solucionan, resolviendo solo el 20 por ciento de los problemas. (Guajardo, 1996).

Para la construcción de un gráfico de Pareto, que se muestra en la Figura 3, es necesario seguir los siguientes pasos (Guajardo, 1996):

- Conocer y definir el problema o situación a analizar.
- Hacer una lista de las posibles causas, ordenándolas de acuerdo a su importancia.
- Seleccionar la forma de medición de las causas. Las unidades de medición pueden ser dinero, tiempo, frecuencia, o número según corresponda.
- Organizar los factores de mayor a menor.
- Calcular el porcentaje relativo de cada factor.
- Calcular el porcentaje acumulado de cada factor y ordenarlos de mayor a menor.
- Trazar en el eje vertical las unidades seleccionadas previamente.
- Dibujar en el eje horizontal un gráfico de barras con los valores decrecientes. En el eje vertical derecho colocar una escala del 0 al 100 por ciento.
- Dibujar una gráfica lineal que represente el porcentaje acumulado para cada factor.
- Por último, se puede trazar una línea vertical interceptando la curva acumulada cerca del 80 por ciento, para poder identificar los factores vitales.

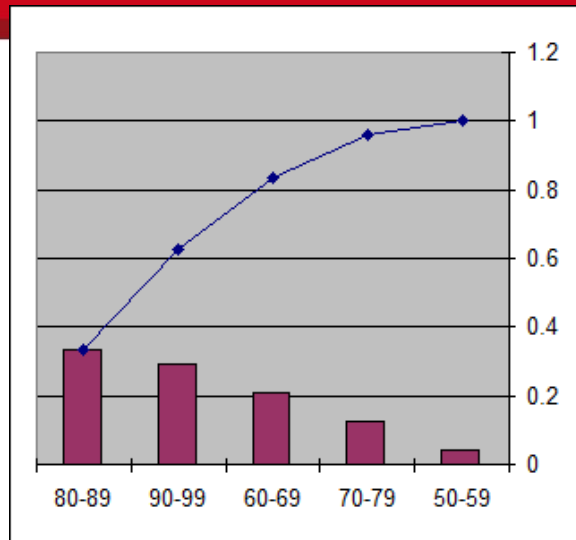


Figura 3: Diagrama de Pareto
Elaboración propia

1.6.4 Diagrama de dispersión

Según Guajardo (1996), un diagrama de dispersión es una herramienta estadística que permite visualizar las relaciones entre una causa y un efecto; así mismo, muestra la relación entre datos graficados en un par de ejes, por ejemplo, la relación del comportamiento de la viscosidad y la temperatura.

Los diagramas de dispersión comprenden cinco etapas (Chang, 1999):

- a) Recolectar la información
- b) Trazar los ejes horizontales y verticales
- c) Introducir los datos en el diagrama
- d) Elaborar una tabla de correlación
- e) Interpretar el diagrama de dispersión

Según Sosa (1998), un diagrama de dispersión es útil para analizar la relación entre:

- ❖ Una causa y un efecto.
- ❖ Una causa y otra causa.
- ❖ Dos pasos de un proceso.
- ❖ La relación existente entre dos fenómenos.

Cuanto más estrechamente se agrupen los puntos del diagrama de dispersión alrededor de una recta, más fuerte será el grado de relación existente entre las dos variables consideradas (Zúnica, 2005).

1.6.5 Diagrama causa – efecto

Según Paul James (1997), el diagrama de causa – efecto o diagrama de espina de pescado, tiene como principal objetivo la solución de las causas de los problemas, en lugar de la solución de los síntomas de los mismos.

Este diagrama cuenta con un conjunto de ramas, las cuales pueden ser: máquinas y equipos, materiales, hombres, y métodos, que son dibujados sobre una afirmación específica del problema. Generalmente se evaluará más de una afirmación, esto proporciona múltiples perspectivas sobre las causas de los diferentes problemas. La tormenta de ideas es la técnica que se encuentra detrás del análisis, esta se centra en buscar sugerencias sobre cómo reducir cada parte del proceso.

“La lluvia de ideas ayuda a aclarar el objetivo planteado, clasificar y ordenar las contribuciones del grupo, presentar un estado gráfico del avance y facilitar la explicación de las interacciones de los factores” (Guajardo, 1996: 152).

Según Sosa (1998), el diagrama de causa – efecto, el cual se presenta en la Figura 4, tiene como beneficios ayudar a detectar las causas reales del efecto, ayuda a prevenir defectos, desarrolla el trabajo en equipo, y contribuye a la adquisición de nuevos conocimientos, así como a la documentación de los mismos.

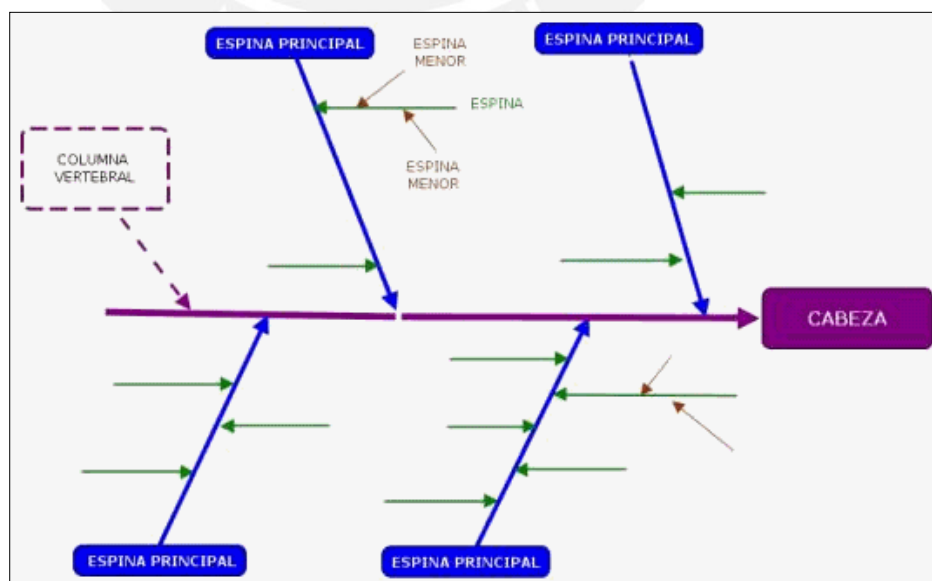


Figura 4: Diagrama Causa - Efecto

Fuente: Ramírez (2000)

1.6.6 Gráficas de control

Según Guajardo (1996), las gráficas de control consisten en una representación gráfica de datos con límites de control determinados estadísticamente, llamados límites de control superior (LCS) y límites de control inferior (LCI).

Las gráficas de control sirven para establecer el control de los procesos. No es muy común que se necesite emplear la metodología de solución de problemas, pero entenderlas y usarlas sirve, no solo para resolver problemas, sino para prevenirlos. Con esta herramienta se busca convertir al personal en gente tanto proactiva como también preventiva (Sosa, 1998).

El objetivo del seguimiento y control estadístico, es reducir la variación, entendida como los cambios en el valor de una característica determinada, responsable de las pérdidas económicas generadas por diversas causas que impiden la máxima calidad del producto y sus procesos (Vilar y Delgado, 2005).

La herramienta estadística para el control de los procesos se denomina Gráfico de Control, el cual se presenta en la Figura 5, y es un registro de una determinada característica de calidad que permite diferenciar entre las variaciones por causas naturales y atribuibles con el objetivo de tomar decisiones con respecto al proceso de producción (García, 2010).

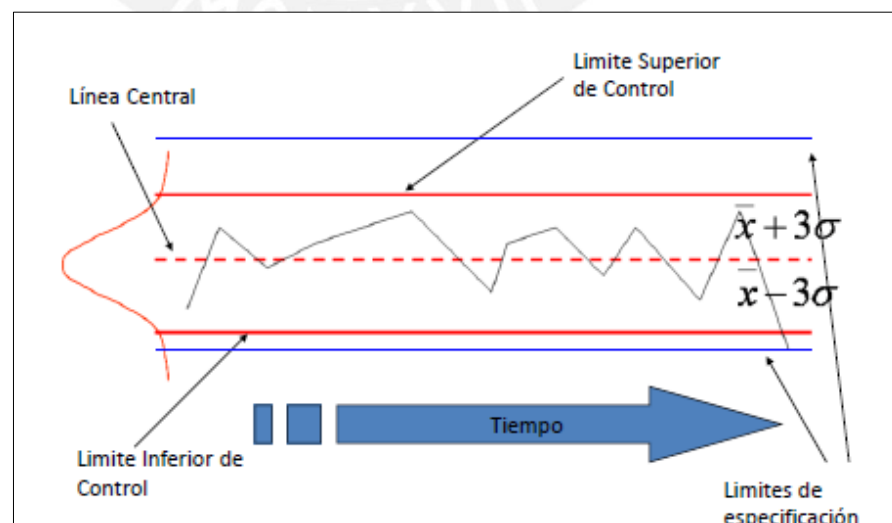


Figura 5: Gráfico de Control

Fuente: García (2010)

1.7 Lean manufacturing

El lean manufacturing es una metodología que busca eliminar cualquier elemento del proceso que consuma recursos, humanos o económicos, tiempo, o espacio, sin añadir valor al producto final. El objetivo del lean manufacturing es reducir el tiempo de ciclo a través de la optimización de los procesos y la secuencia de operaciones (Fernandez, 2009).

Según Orbegoso (2011), la implementación de lean manufacturing en la empresa trae muchos beneficios, siempre y cuando sea un proceso de implementación y mejoramiento continuo, los beneficios son los siguientes: reducción de los costos de producción, de los inventarios, del lead time, mejora en la calidad, menor uso de mano de obra, mayor eficiencia en los equipos, mayor flexibilidad para reaccionar ante cambios, eliminación sistemática de los desperdicios. Por otro lado, las aplicaciones más comunes del lean manufacturing son:

- ❖ Reducción del tamaño de lote a producir
- ❖ Mantenimiento de las máquinas y equipos
- ❖ Reducción del tiempo de preparación de las máquinas (SMED)
- ❖ Sistemas de producción Pull
- ❖ Método de las 5'S
- ❖ Aseguramiento de la calidad
- ❖ Tecnologías de grupos y Fábricas enfocadas
- ❖ Células de trabajo

CAPÍTULO 2. Descripción de la empresa

2.1 Descripción de la empresa

La empresa en estudio pertenece al sector de producción y comercialización de alimentos y bebidas. Tiene como objetivo ser la empresa líder en su rubro, buscando siempre una sana alimentación en la dieta de las personas.

La empresa produce, distribuye y vende varias bebidas con y sin gas, aperitivos dulces y salados, entre otros; y es una de las compañías con más proyección en publicidad y en espectáculo del mundo.

Actualmente, en el año 2012, es una de las empresas más reconocidas a nivel mundial; y su participación en el mercado peruano es del 9% de bebidas carbonatadas, el 21% en colas negras y 36% en isotónicos.

La empresa no cuenta con planta de producción propia en el Perú, motivo por el cual otras empresas, ubicadas en Lima, maquilan sus productos; en Ate, todas las bebidas carbonatadas y el agua embotellada; y en el Callao, las isotónicas.

2.1.1 Principios organizacionales

La empresa se preocupa por difundir sus principios organizacionales entre todos sus colaboradores; su misión, visión, valores y objetivos son descritos a continuación:

Misión: Ser la primera compañía de productos de consumo del mundo, centrada en los alimentos y las bebidas convenientes. Producir recompensas financieras a los inversionistas y proporcionar oportunidades para el crecimiento y el enriquecimiento de los empleados, socios de negocio y comunidades en quienes funciona la empresa. Y en todo, cultivar la honradez, la imparcialidad y la integridad.

Visión: La responsabilidad de la empresa es mejorar continuamente todos los aspecto, ambientales, sociales y económicos, del mundo en el cual

funciona; crear un mañana mejor que hoy. La visión es puesta en la acción con programas enfocados en la administración ambiental, actividades para beneficiar a la sociedad, formando así, una empresa verdaderamente sostenible.

Objetivos:

- ❖ Obtener la satisfacción de los clientes a través de la calidad en el servicio y el cumplimiento de los calendarios y horarios establecidos a inicio de cada ciclo.
- ❖ Lograr la identificación y compromiso del personal con la empresa, así mismo, promover el respeto entre trabajadores y con los clientes (Promover el desarrollo del Recurso Humano).
- ❖ Desarrollar planes de acción relacionados con la Calidad de los servicios y la Mejora Continua de los procesos.
- ❖ Elevar los niveles de eficiencia y productividad con responsabilidad y cumplimiento de las obligaciones.
- ❖ Establecer Políticas de Seguridad en beneficio de los trabajadores.
- ❖ Obtener la mayor rentabilidad en las operaciones de la mejor manera.

Política Ambiental de la empresa: La empresa cuenta con una estrategia global de la eco-eficacia para la conservación del recurso (RECON) dentro de sus operaciones, la cual ayuda a optimizar el uso del agua, de la energía y de la electricidad con métodos y tecnologías mejorados.

Valores de la Empresa:

- ❖ Velar por los clientes, consumidores y el mundo en que vivimos.
- ❖ Vender solo los productos por los cuales la empresa se siente orgullosa.
- ❖ Solidaridad.
- ❖ Hablar con amabilidad, diciendo la verdad.
- ❖ Ganar con la diversidad y la integración.
- ❖ Respeto entre todos para lograr juntos el éxito.

2.2 Instalaciones

La planta donde se elabora la bebida rehidratante en sus dos presentaciones, de 500 y 750 ml en botellas PET, está ubicada en la avenida Víctor Andrés Belaunde, en el distrito de Carmen de la Legua, Callao.

La planta tiene una dimensión de 42 metros de largo, 25 de ancho, y 5 metros de alto. La línea de producción cuenta con 7 máquinas principales: depaletizador, transportador aéreo de botellas, enjuagador de botellas, llenadora, tapadora, etiquetadora, y empacadora.

Así mismo, la planta cuenta con máquinas y equipos de soporte, los cuales son: túnel de enfriamiento o *cooler*, detector de nivel, tanques de jarabe y de producto, entre otros.

Actualmente el proceso de producción de la bebida se realiza con el apoyo de 17 operarios: 1 en cada una de las máquinas principales, salvo dos operarios en la empacadora, 1 en el *cooler*, 1 encargado de los tanques de jarabe y producto, otro operario en el detector de nivel, y 6 operarios de soporte, los cuales rotan en todas las máquinas y equipos. Los operarios trabajan en 2 turnos rotativos de 12 horas ya que la producción se realiza las 24 horas del día.

Todas las máquinas de la línea de producción son del año 2010; la planta de producción tiene una capacidad de 300 y 200 bpm según la presentación de 500 ml o 750 ml, respectivamente.

Cabe resaltar que estas instalaciones no tienen más de un año, puesto que el diseño y construcción de la planta empezó en agosto del 2010 y en marzo del 2011 se iniciaron las operaciones.

En la Figura 6, se presenta el *layout* de la planta de producción para la presentación de botellas PET.

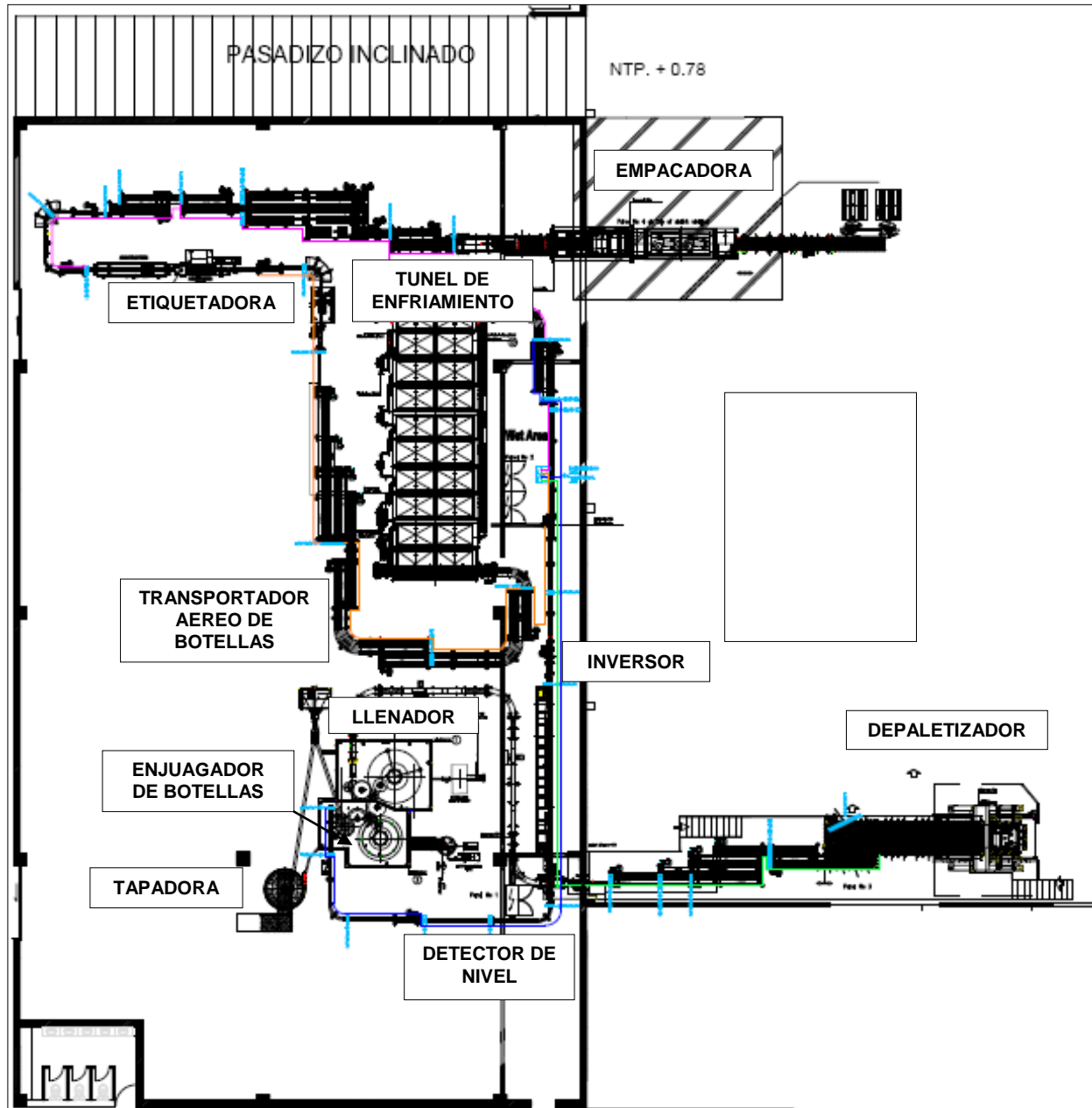


Figura 6: Layout de la planta de producción

Fuente: La empresa

2.3 El producto y su proceso operativo

El producto es una bebida rehidratante no gasificada, a base de azúcar y dextrosa, ácido cítrico, sales, goma, y sabores naturales. Este producto contiene agua que ayuda a hidratar el cuerpo; electrolitos como sodio y potasio que ayudan a reponer lo perdido por el sudor, a estimular la sed y a garantizar una rehidratación completa; y carbohidratos para suministrar

energía a los músculos activos y ayudar a combatir la fatiga. En la Tabla 1 se muestran los insumos requeridos y sus cantidades respectivas para la producción de una botella de bebida rehidratante.

Tabla 1: Insumos del producto

| Insumo | Unidad | Cantidad |
|-------------|--------|-----------|
| Concentrado | Unidad | 0.0001419 |
| Base | Unidad | 0.0001419 |
| Ácido | Unidad | 0.0001419 |
| Azúcar | kg | 0.05 |
| Dextrosa | kg | 0.01 |

Fuente: La empresa

El producto es tratado térmicamente (pasteurización), llenado en caliente y enfriado hasta temperatura ambiente. En la Tabla 2 se presentan los parámetros de las características fisicoquímicas que debe cumplir la bebida rehidratante.

Tabla 2: Características fisicoquímicas

| Parámetros | Límite |
|-------------------------------------|-----------------|
| °Brixrefractométrico a 20°C | 6.20 - 6.60 |
| °Brix verdadero a 20°C | 6.45 - 6.85 |
| pH | 2.80 - 3.20 |
| Sólidos disueltos totales (TDS) ppm | 1400 - 1800 |
| Densidad de la bebida | 1.0223 - 1.0239 |
| Peso específico de la bebida | 1.0241 - 1.0257 |

Fuente: La empresa

Por las razones antes mencionadas, el cliente principal de este producto es aquel que busca rehidratarse y recuperar carbohidratos perdidos durante la realización de alguna actividad física; así mismo, es usado como suero oral, para aquellas personas con un mal estomacal.

El producto se ofrece en varias presentaciones: botellas de vidrio de 350 y 473 ml, con tapa metálica; y botellas PET de 500 y 750 ml, con tapa rosca y deportiva respectivamente, como se muestra en la Figura 7.

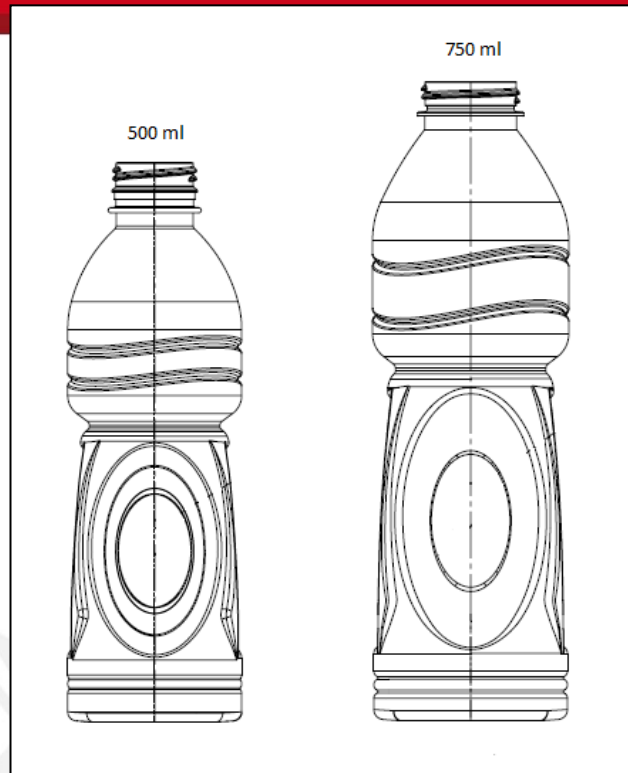


Figura 7: Botella de 500 y 750 ml
Fuente: La empresa

En cuanto a las características de almacenamiento y vida útil, se debe mantener el producto a una temperatura ambiente menor de 25°C, bajo sombra. El tiempo de vida útil de la bebida rehidratante es de 09 meses (270 días), a la temperatura recomendada y sin haber abierto la botella.

2.3.1 Proceso productivo

La elaboración del producto se realiza de manera continua, es decir, es una producción en línea. A continuación, se presenta la secuencia de actividades del proceso productivo:

- a) **Depaletizado:** En esta operación se reciben las paletas con las botellas PET y por medio de un depaletizador automático, se va descargando las botellas (cama por cama), las cuales ingresan a la línea.
- b) **Enjuagado de botellas:** Las botellas que ingresan a la línea son invertidas, a la vez que son enjuagadas y bañadas con chorros de

agua clorada (Cloro residual: Máx. 1.0 ppm). Las botellas permanecen invertidas el tiempo suficiente para que se pueda eliminar cualquier resto de agua clorada. Para asegurar el correcto enjuague, se hace la prueba de tinción o de colorante en las botellas con Colorante Rojo N° 40. Adicionalmente, se mide el volumen residual después del enjuagado (Estándar: < 2 ml para botellas de capacidad menor a 1 litro).

- c) Preparación del jarabe:** Se agrega al tanque de mezcla agua RO (Osmosis Inversa) y azúcar. Luego, se enciende la recirculación y se adiciona la dextrosa monohidratada.
- d) Filtración en frío:** El jarabe, previamente mezclado en el paso anterior pasa a través de un filtro de 5 μ hacia el tanque de producto.
- e) Mezcla:** Se agrega agua RO al tanque de producto, con agitación constante, y se le adicionan los demás ingredientes (Base, Ácidos y Sales). La mezcla se agita por 5 minutos adicionales.
- f) Control de calidad del producto:** Se muestrea la mezcla preparada, si el lote es conforme (cumple con los parámetros establecidos), se da el paso al tratamiento térmico.
- g) Segunda filtración:** La mezcla pasa por un filtro, para sabores “*clear* o claros” se usan filtros de 15 μ ; y para sabores “*cloudy* oscuros”, de 30 μ .
- h) Pasteurización:** Se procede a calentar la mezcla. La pasteurización está conformada por 2 subprocesos:
- ❖ **Calentamiento:** se eleva la mezcla a la temperatura de pasteurización deseada (94.4 – 96.4 °C).
 - ❖ **Holding:** Luego de que la mezcla es calentada, esta ingresa al *holding tube* o tubo de retención, el cual está diseñado de tal manera que la mezcla permanezca un tiempo determinado (30 a 33 segundos) a la temperatura deseada con un flujo adecuado. A la salida del *holding tube* se realiza una toma de temperatura.

En la Tabla 3 se muestran parámetros importantes del proceso de pasteurización.

Tabla 3: Parámetros de la Pasteurización

| Parámetros | Mín. | Promedio | Máx. |
|---|-------|----------|-------|
| Temperatura (°C) del producto a la salida del tubo de retención | 94.4 | 95.4 | 96.4 |
| Tiempo de residencia (seg) en el tubo de retención | 30 | 31.5 | 33 |
| Velocidad de llenadora (bpm) PET 500 ml | 324 | 308 | 294 |
| Flujo de producto (m ³ /h) PET 500 ml | 11.45 | 10.90 | 10.40 |
| Velocidad de llenadora (bpm) PET 750 ml | 216 | 205 | 196 |
| Flujo de producto (m ³ /h) PET 750 ml | 11.45 | 10.90 | 10.40 |

Fuente: La empresa
Elaboración Propia

- i) TrimCooling:** En esta etapa la mezcla es enfriada parcialmente hasta llevarla a una temperatura mínima de 85 °C, para proceder al envasado.
- j) Control de Temperaturas:** En este control una válvula automática, cuya función es asegurar que la mezcla cumpla con las especificaciones de temperatura, se encarga de derivar la mezcla al tanque de mezcla, en caso no cumpla con las siguientes temperaturas:
- ❖ 94.4 – 96.4 °C (Pasteurización)
 - ❖ Mín. 85 °C (*Trimcooling*)
- k) Filtración en caliente:** Luego de ser pasteurizada, la mezcla pasa por una etapa de filtración en caliente (para sabores “*clear* o claros” se usan filtros de 15 µ; y para sabores “*cloudy* oscuros”, de 30 µ).
- l) Llenado en caliente:** Este proceso se realiza en una envasadora automática, que consta de 50 cabezales que van llenando la mezcla caliente (79.4 – 83.3 °C) en las botellas. El llenado en caliente tiene como objetivo lograr la desinfección y esterilidad del envase.

- m) Tapado:** Las botellas son tapadas mecánicamente por una encapsuladora de 15 cabezales. Esta operación es crítica para mantener la esterilidad del producto, por lo que el tapado debe ser lo más rápido posible desde que el envase sale de la llenadora (tiempo máximo de 10 segundos).
- n) Detector de nivel:** Este detector elimina las botellas con volúmenes por debajo de la especificación. También elimina las botellas que presentan defectos en la tapa o en su aplicación.
- o) Invertido:** En esta operación, las botellas son invertidas 90° por un tiempo entre 6 y 9 segundos. Esto con el objetivo de que la mezcla (todavía caliente) esterilice la parte interior de la tapa y el espacio de cabeza de la botella.
- p) Codificado (en el cuerpo de botella):** Esta operación es realizada por un cañón láser que quema el plástico de la botella (a la altura del hombro), dejando fijada la fecha de vencimiento y el lote con un fin de trazabilidad.
- q) Enfriamiento (en túnel – cooler):** Las botellas reciben chorros de agua fría y se van enfriando gradualmente hasta salir a una temperatura máxima de 40.6 °C. En esta operación se forma el vacío en el interior de los envases. El tiempo máximo que una botella permanece en el *cooler* es de 35 minutos.
- r) Secado:** Las botellas enfriadas son secadas con la ayuda de cuchillas de aire.
- s) Etiquetado:** Las botellas ingresan a la maquina etiquetadora, que les coloca la etiqueta termoencogible a la altura del panel de la botella.

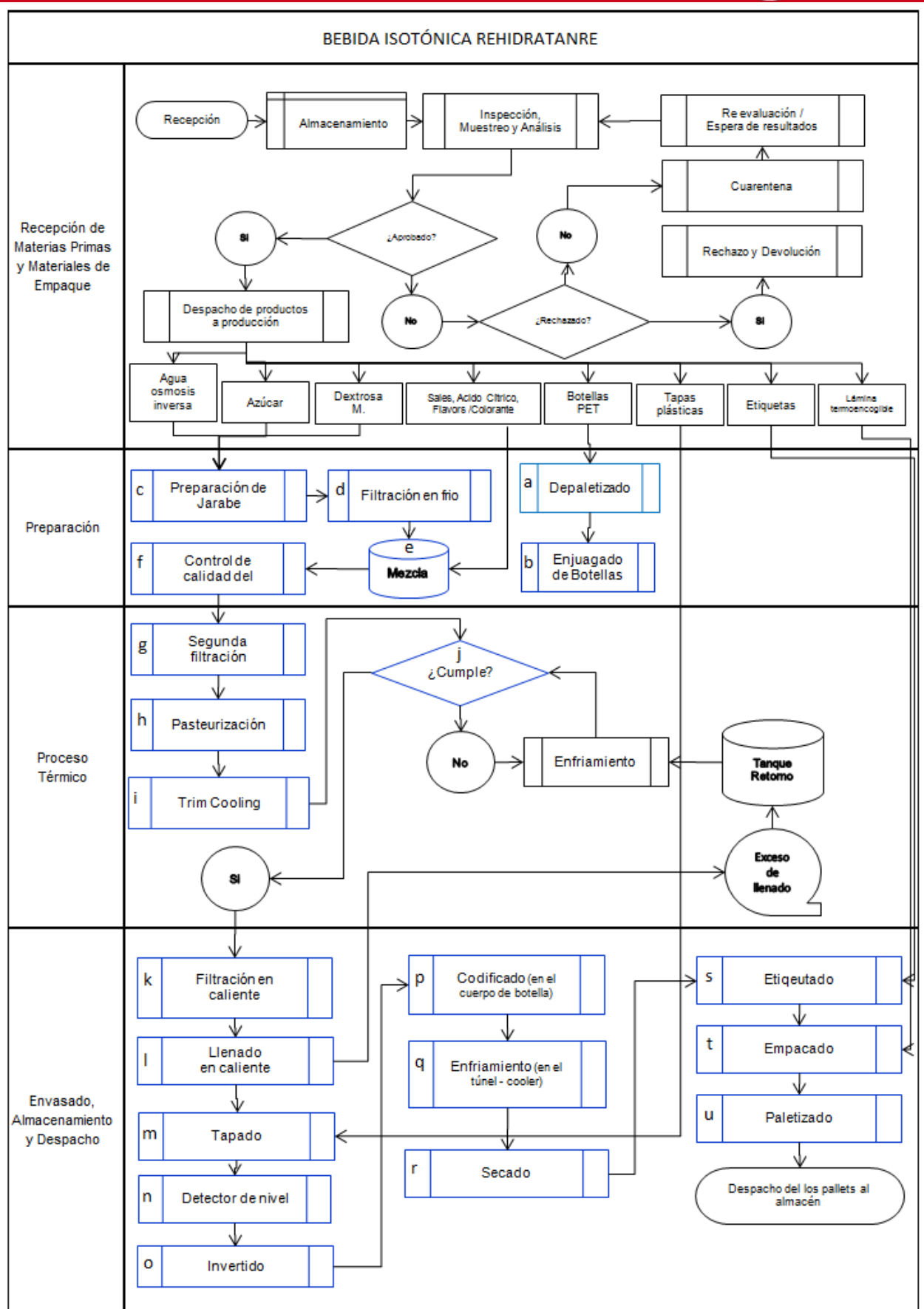


Figura 8: Diagrama de flujo del proceso productivo

Fuente: La empresa
Elaboración propia

- t) **Empacado:** Las botellas son empacadas en paquetes de 12 unidades (Packs), envueltos en mangas de polietileno y pasados por un túnel caliente, donde la manga de polietileno es contraída.
- u) **Paletizado:** Las paletas se arman de la según la información presentada en la Tabla 4.

Tabla 4: Armado de paletas

| Presentación | Nº Envases por Pack | Packs por cama | Nº camas por Parihuela | Nº Envases por Parihuela |
|--------------|---------------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| PET x 500 ml | 12 | 22 | 7 | 1848 |
| PET x 750 ml | 12 | 17 | 5 | 1020 |

Fuente: La empresa
Elaboración Propia

Cuando los packs se terminan de apilar, las paletas son protegidas con *stretch film*.

En la Figura 8, se presenta el diagrama de flujo del proceso productivo de la elaboración de bebidas rehidratantes.

2.3.2 Máquinas principales del proceso productivo

a) Depaletizador

Esta máquina realiza la labor de retirar las botellas de cada cama de los pallets e incorporarlas hacia el primer transportador. El depaletizador combina sistemas eléctricos y neumáticos, y puede ser apreciado a continuación en la Figura 9.

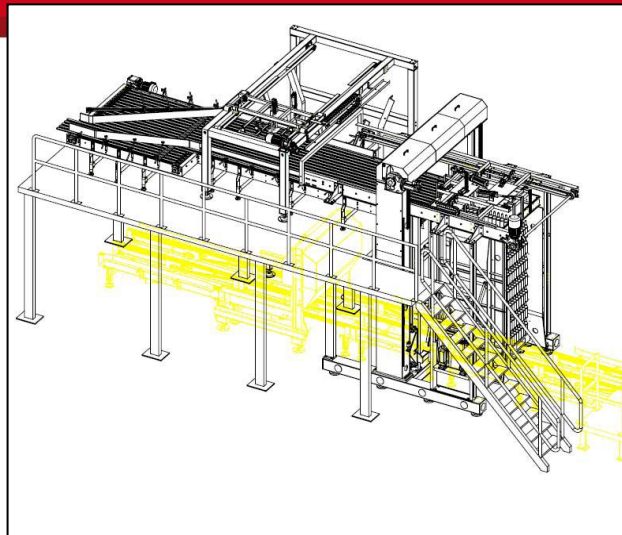


Figura 9: Depaletizador

Fuente: La empresa

b) Transportador aéreo de botellas

La función principal de esta máquina es llevar las botellas vacías hacia el Tri-Block. Es aéreo porque la botella es sostenida del cuello, tal como se puede apreciar en la Figura 10, y es empujada por aire comprimido.

Es necesario usar este tipo de transportador por el bajo (ligero) peso de la botella, la cual se caería estando vacía en un transportador convencional (faja transportadora).

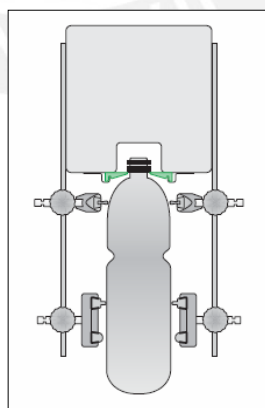


Figura 10: Sujeción de la botella en el transportador aéreo

Fuente: La empresa

c) Tri-block

El Tri-Block reúne tres máquinas en una: rinser o enjuagadora de botellas, llenadora, y tapadora, tal como se muestra en la Figura 11. Esta máquina posee una capacidad máxima de 300 bpm.

El enjuagador de botellas consta de 60 toberas distribuidas en tres secciones: primer enjuague, segundo enjuague, y tercera etapa en la que no hay ingreso de agua. La función principal de este equipo es retirar de las botellas cualquier tipo de partícula extraña o polvo. Este enjuagador trabaja con botellas de primer uso, es decir, botellas que no han sido utilizadas anteriormente, por ello es que no se utiliza ningún tipo de detergente o sanitizante en el proceso.

La llenadora consta de 50 válvulas, es un llenado gravimétrico, es decir, las botellas son llenadas por gravedad sin ningún sensor de peso o volumen; por el contrario, el volumen es regulado mediante una bomba que aplica una presión de vacío, la cual es calibrada en función al tiempo de recorrido de la botella.

Por último, la tapadora cuenta con 15 cabezales magnéticos los cuales son calibrados para poder aplicar la tapa y darle el torque necesario para sellarlas.

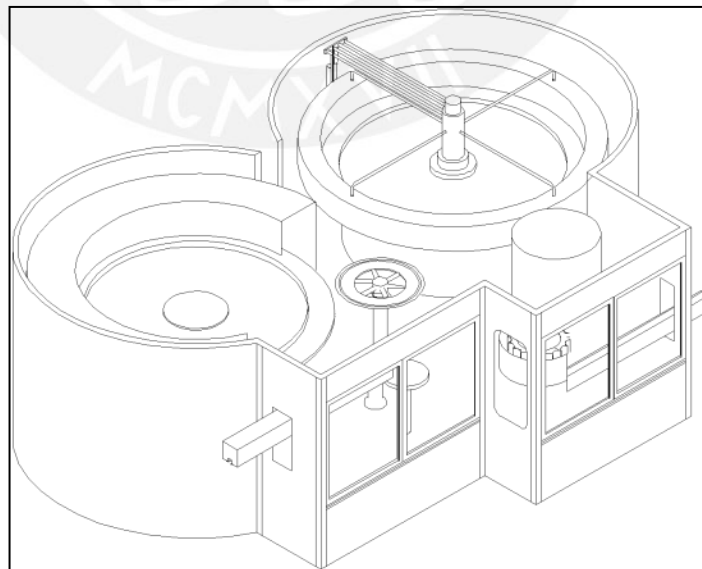


Figura 11: Máquina Tri-Block

Fuente: La empresa

d) Etiquetadora

La etiquetadora consta de dos secciones: la primera es la encargada de armar y colocar la etiqueta en la botella, y la segunda el túnel de termo-encogido. En este caso, el túnel de termo-encogido opera con vapor directo, también podría funcionar con resistencias eléctricas. Previo al ingreso a esta máquina, es necesario la botella pase por una estación de secado rápido, el cual es realizado con aire forzado con turbina, con la finalidad de escurrir el agua que ha quedado en la botella luego de salir del túnel de enfriamiento.

e) Empacadora

La empacadora consta de dos secciones: la primera agrupa en grupos de 12 las botellas, aplica el stretch film y da forma a la bobina que posteriormente envolverá el paquete de doce unidades. La segunda etapa es el horno de termo-encogido donde el stretch film se contrae por calor adhiriéndose al grupo de las doce botellas previamente formadas. A la salida del horno, el paquete debe ser enfriado con ventiladores para que tome consistencia.

CAPÍTULO 3. Diagnóstico de la empresa

3.1 Identificación de los problemas

Para la identificación de los problemas actuales en la empresa, se realizaron visitas a la planta embotelladora, de esta manera se pudo observar todas las etapas del proceso productivo, y se entrevistó a los operarios (turnos mañana y tarde), al Jefe de Planta, y al Gerente de Producción; con los datos e información recolectada, se ha determinado que los problemas críticos en la planta actualmente son:

Problema 1: Alto porcentaje de mermas

Se presenta un alto y variable porcentaje de mermas en las botellas, tapas, y etiquetas utilizadas en el proceso de producción de las bebidas rehidratantes; este problema se observa en ambas presentaciones.

Como se ve en la Figura 12 las mermas de botellas para la presentación de 500 ml, en una muestra de 50 lotes de producción varían entre 1% y 4%, con picos de hasta 4.23%, dependiendo de la planificación de producción según el sabor a elaborar, en dicha muestra el promedio de botellas mermadas es de 8617 botellas.

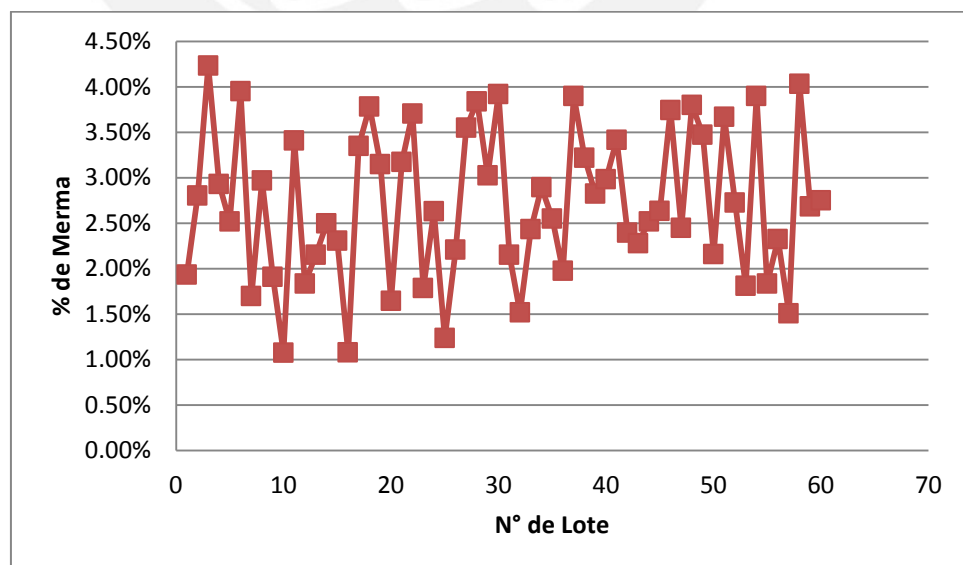


Figura 12: Mermas de botellas (presentación 500 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

Las mermas de botellas son generadas por las caídas que sufren las mismas a lo largo de la línea de producción, sin embargo, existen tres puntos críticos: en la salida del invertido de botellas, en la salida de la llenadora, y en la salida del cooler. Al caerse una botella, dependiendo de la zona en que se encuentre, se activan sensores que detienen el proceso productivo. De este modo, como se ve en la Figura 13, en el caso de las botellas de 750 ml, en una muestra de 50 lotes las mermas varían entre 1% y 4%, presentándose un pico de 4.43%.

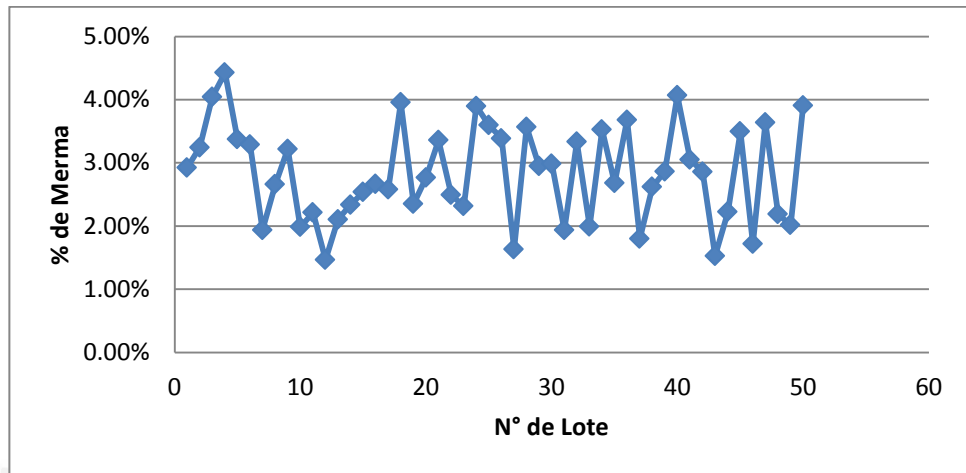


Figura 13: Mermas de botellas (presentación 750 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

En el caso de las tapas, como se muestra en la Figura 14, en una muestra de 60 lotes de la presentación de 500 ml, el porcentaje mínimo de mermas es de 1.04%, mientras que el máximo es 3.12%.

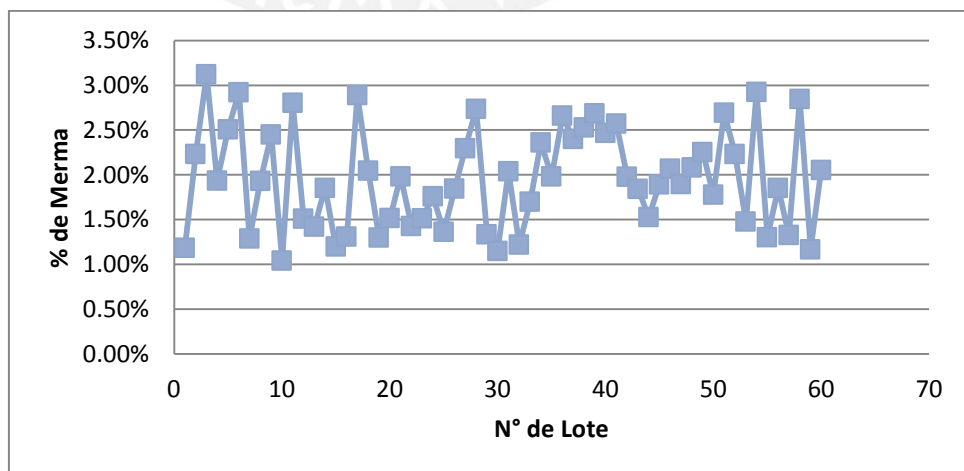


Figura 14: Mermas de tapas (presentación 500 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

Las mermas en las tapas de la presentación de 750 ml siguen una tendencia similar a la de 500 ml. En la Figura 15 se aprecia que el porcentaje mínimo y máximo de mermas en una muestra de 50 lotes de producción es de 1.13% y 3.62%, respectivamente.

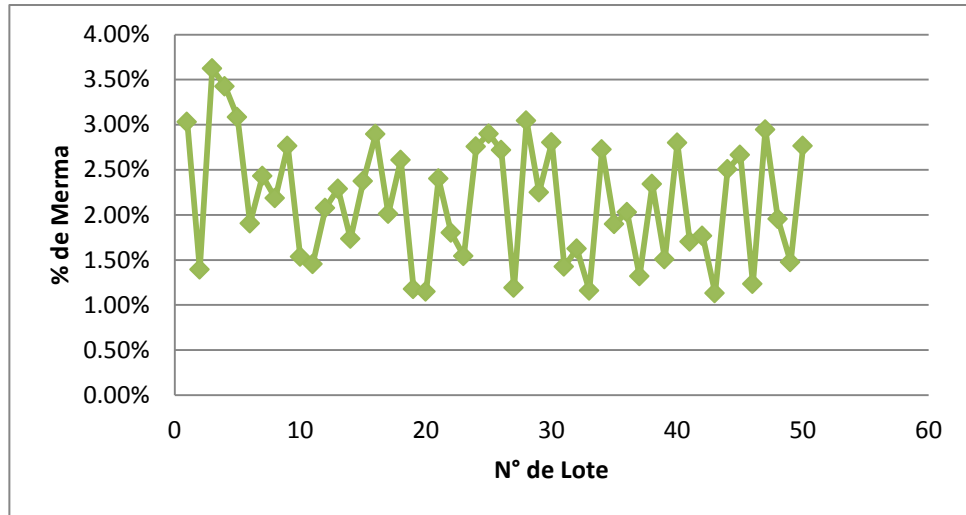


Figura 15: Mermas de tapas (presentación 750 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

Por otro lado, en la Figura 16 se muestra que en una muestra de 60 lotes de presentación de 500 ml, las mermas de etiquetas en el proceso productivo varían entre 1% y 3%.

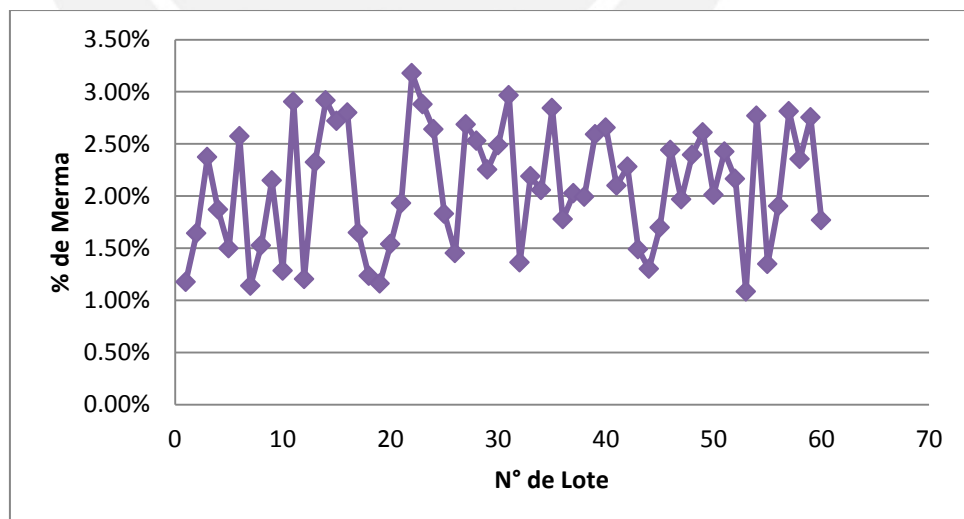


Figura 16: Mermas de etiquetas (presentación 500 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

Para el caso de las etiquetas de la presentación de 750 ml, en una muestra de 50 lotes, tal como se aprecia en la Figura 17, las mermas presentan un mínimo de 1.11%, y un máximo de 3.45%.

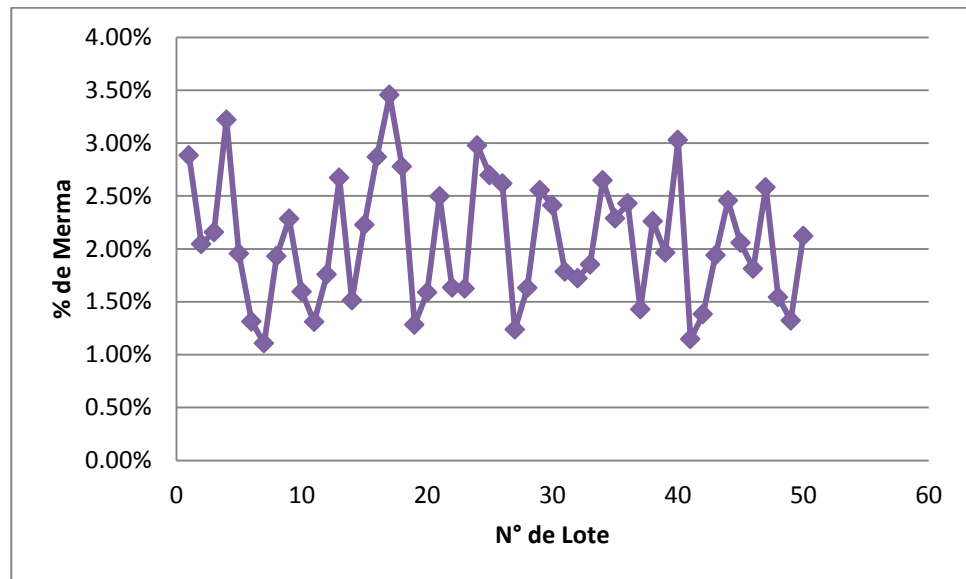


Figura 17: Mermas de etiquetas (presentación 750 ml)

Fuente: La Empresa

Elaboración propia

Los porcentajes de mermas pueden parecer bajos, sin embargo, no lo son ya que las bebidas rehidratantes son producidas en grandes volúmenes; las mermas, tanto de botellas, tapas, y etiquetas, generan paradas de la producción, demoras, desviaciones en los inventarios, y gastos no planificados.

Actualmente no se realiza un control estadístico del proceso, por dicho motivo, no hay límites mínimos ni máximos establecidos para las mermas que se generan en el proceso productivo de elaboración de bebidas rehidratantes.

En la Figura 18 se aprecia la variación existente en las mermas por cada lote de producción de 500 ml. Las botellas son los elementos que presentan mayores mermas; mientras que las mermas de las etiquetas siguen una tendencia bastante similar a la de las tapas.

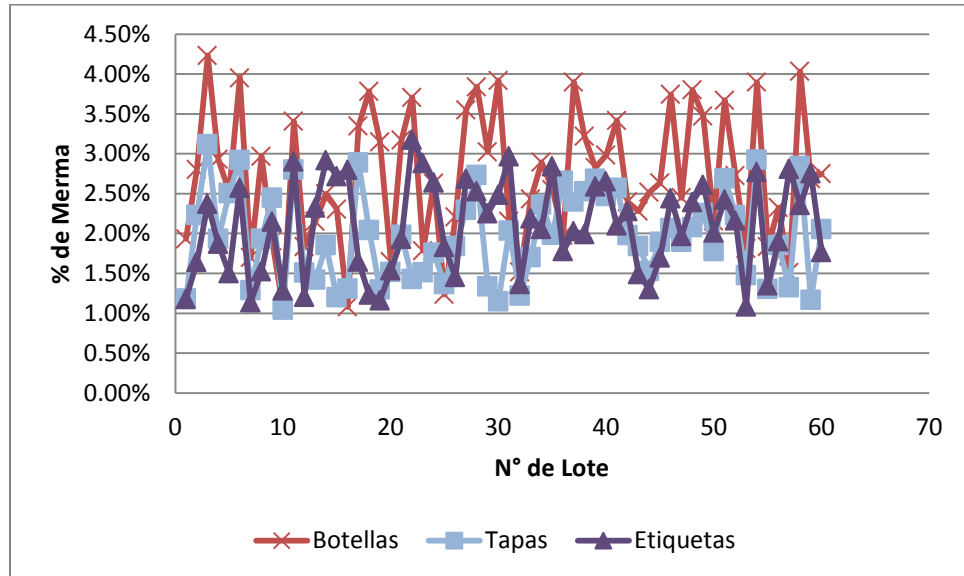


Figura 18: Mermas de botellas, tapas, y etiquetas (presentación 500 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

En la Figura 19 se aprecia la gran variación existente en las mermas por cada lote de producción. Como en el caso anterior, las botellas son los recursos que presentan mayores mermas; mientras que las mermas de las etiquetas y tapas siguen una tendencia bastante semejante.

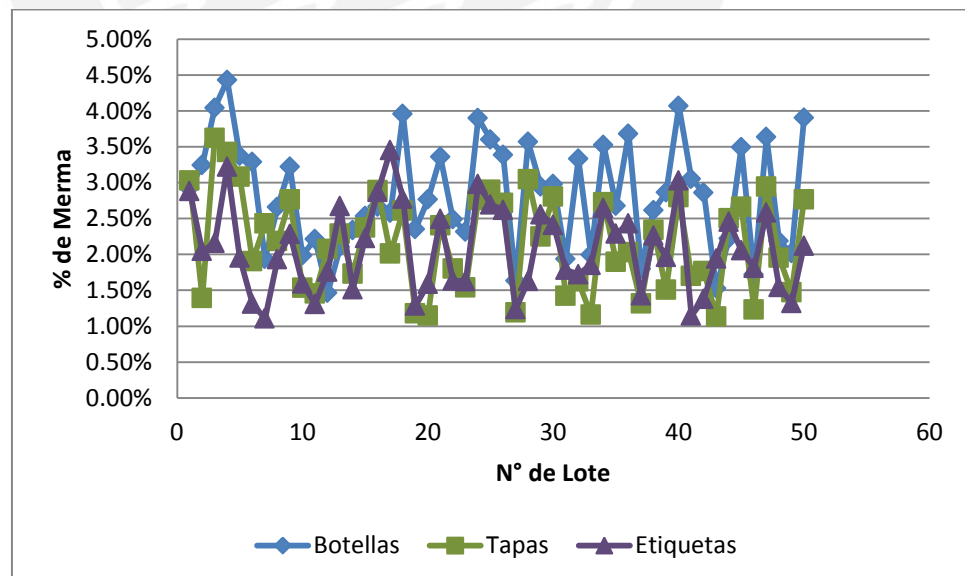


Figura 19: Merma de botellas, tapas, y etiquetas (presentación 750 ml)

Fuente: La Empresa
Elaboración propia

Problema 2: Alto consumo de energía

Otro problema actual que enfrenta la empresa es el alto consumo de aire comprimido a lo largo de toda la línea de producción. Dicho consumo energético se presenta en los siguientes procesos:

- ❖ Consumo de aire comprimido en la etapa de secado de botellas, antes y después del ingreso de las mismas a la máquina tapadora.
- ❖ Consumo de aire comprimido en los procesos de transporte aéreo de botellas, mediante el *conveyor* aéreo; y transporte de tapas hacia la tolva de alimentación y hacia la encapsuladora, mediante la faja transportadora.

Problema 3: Uso ineficiente del recurso hídrico

El uso ineficiente del agua genera en la etapa de enfriamiento de botellas, en este proceso las botellas que provienen de la tapadora son enfriadas a una temperatura de 40.6 °C por un tiempo máximo de 35 minutos. El túnel de enfriamiento o *cooler* consta de 5 tinas, tal como se muestra en la Figura 20, las cuales son alimentadas con un caudal de 8.5 m³/h de agua. A la primera tina le ingresa agua del tanque (*rinser*), la segunda tina es alimentada con el agua que sale de la primera, y así sucesivamente con las 5 tinas; sin embargo, no existe un sistema de recirculación por lo que toda el agua que sale de la última tina es enviada al desagüe.

Diariamente se pierden 204 m³ de agua proveniente de un solo proceso de toda la línea de producción, esto genera gastos fijos mensuales elevados para la empresa.

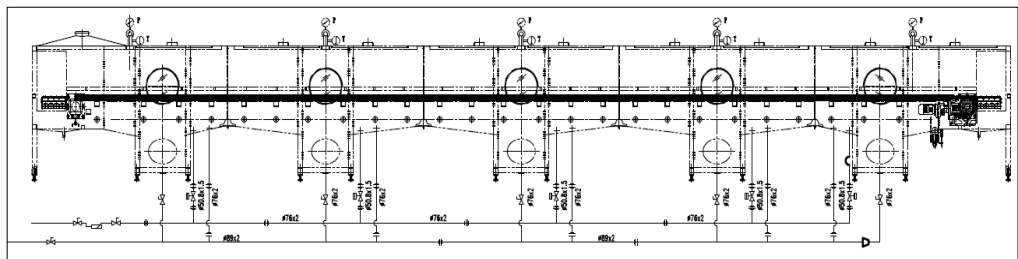


Figura 20: Tinas del Cooler

Fuente: La Empresa

Problema 4: Tiempo excesivo por paradas de planta

La línea de producción en la que se elaboran ambos formatos o presentaciones de las bebidas rehidratantes tiene paradas entre 40 a 50 horas mensuales.

Los tiempos de paradas de planta, representan Horas-Máquina (H-M) y Horas-Hombre (H-H) perdidas e improductivas. Debido a que el proceso productivo es en línea, si una máquina se detiene, toda la producción deberá parar; si tomamos en promedio 50 horas de paradas, ello significa dejar de producir 900000 bebidas de 500 ml o 600000 bebidas de 750 ml.

Las paradas en la producción generan disminución de los niveles de productividad global, de los operarios, y de las máquinas; adicionalmente, no se logra aprovechar la capacidad máxima de la planta.

3.2 Matriz de selección de problemas relevantes

La selección de los problemas a solucionar se realizó utilizando una matriz de ponderación de factores, asimismo, se utilizó una escala de evaluación del uno al cinco. Los factores o variables elegidos se explican a continuación:

- a) **Uso de recursos:** se refiere a la utilización de todas las entradas del proceso tales como agua, energía, materiales e insumos. Si se consumen más recursos de los necesarios, existe un aprovechamiento ineficiente de los mismos, lo cual representa un problema para la empresa. Este factor es importante ya que se relaciona directamente con la reducción de costos por la optimización del uso de recursos. En la escala de evaluación, el 5 es el valor que representa el mayor uso de recursos; y el 1, el problema con menor utilización de los mismos.

- b) **Demoras en el proceso productivo:** este factor tiene efectos notorios sobre la productividad, eficiencia, costos, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción; se relaciona también con el uso óptimo de la capacidad de la planta. En la escala de evaluación, el 5

es el valor que representa al problema que genera mayores demoras en la producción de bebidas rehidratantes.

c) Facilidad de una implementación (cambios en la infraestructura): vinculado a las modificaciones en la línea de producción que se tendrían que llevar a cabo para solucionar determinado problema. En la escala de evaluación, el 5 es el valor que representa menores cambios en la infraestructura, lo cual es lo más favorable para la empresa económicamente en términos de inversión.

d) Impacto ambiental: esta variable responde a la Política Ambiental de la empresa y a la tendencia mundial del cuidado del medio ambiente; con ello se busca la conservación de los recursos utilizados en las operaciones del proceso productivo. En la escala de evaluación, el 5 y el 1 son los valores que representan el mayor y menor impacto ambiental respectivamente.

Los pesos asignados a cada factor y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5 mostrada a continuación.

Tabla 5: Matriz de selección

| Problemas | Uso de recursos | Demoras en el proceso productivo | Facilidad de Implementación (Infraestructura) | Impacto ambiental | Puntaje Total |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------|---|-------------------|---------------|
| | 35% | 30% | 15% | 20% | |
| Alto porcentaje de mermas | 5 | 3 | 4 | 4 | 4.05 |
| Alto consumo de energía | 3 | 1 | 5 | 3 | 2.7 |
| Uso ineficiente del recurso hídrico | 4 | 1 | 1 | 5 | 2.85 |
| Tiempo excesivo por paradas de planta | 2 | 5 | 4 | 2 | 3.2 |

Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla 5, los problemas a solucionar serán el alto porcentaje de mermas y el tiempo excesivo por paradas de planta.

3.3 Análisis de causas de los problemas

3.3.1 Causas del alto porcentaje de mermas

Como se explicó anteriormente, los rangos de los porcentajes de las mermas de botellas, tapas, y etiquetas son semejantes; dichos componentes son igual de importantes ya que sin uno de ellos el producto no puede salir al mercado, por dichas razones, se analizarán las causas de los tres elementos. Las causas del alto porcentaje de mermas se presentan en la Figura 21, la cual muestra un diagrama causa - efecto.

Causas generales de las mermas

Una de las causas por las cuales existe variación en las mermas de las botellas, tapas, y etiquetas, es que no existe un control estadístico del porcentaje de las mismas, es decir, no se han establecidos límites mínimos ni máximos.

Causas de las mermas de las botellas

Ante cualquier parada de la máquina llenadora por más de 10 segundos, las botellas llenadas con la mezcla quedandestapadasdurante dicho tiempo, por lo tanto, deben ser desechadas automáticamente, de esta manera se genera mermas de botellas y líquido. La cantidad de válvulas que tiene la llenadora son 60, por lo que generalmente cada vez que ocurre una parada, se desechan también 60 botellas.

Una mala calibración de los conveyors puede ocasionar que las botellas no estén correctamente sujetadas, caigan al piso, se dañen, y sean mermadas.

Las botellas son transportadas por el conveyor aéreo mediante caída libre e inyección de aire comprimido, al parecer actualmente existe más consumo de energía del necesario en este proceso, ya que las botellas se transportan a gran velocidad, chocan entre sí, caen al suelo, salen de la línea de producción, y son consideradas mermas.

Causas de las mermas de las tapas

Cuando se realiza una mala calibración de la máquina capsuladora, pueden ocurrir defectos de tapado, tales como torque flojo, tapa montada, o rotura de tapas. Dichas unidades son retiradas de la línea de producción con un equipo de detección automática generando mermas de tapas, además de líquido y botellas.

Una mala calibración del detector automático de defecto de tapado puede generar falsos rechazos, es decir, las botellas que han sido correctamente tapadas son rechazadas por un pistón neumático que las coloca un tacho de desechos, de este modo se generan mermas tapas, botellas, y líquido.

Causas de las mermas de las etiquetas

Muchas veces los bigotes (flejes de jebe que acomodan la etiqueta alrededor de la botella) de la máquina etiquetadora no son cambiados a tiempo, por ese motivo se produce un desgaste de los mismos, lo que impide que la etiqueta sea colocada correctamente en la botella, generando así etiquetas mermadas.

Cuando las cuchillas de la etiquetadora, que sirven para cortar la etiqueta a medida necesaria de una botella, no se cambian en el momento adecuado, es decir, cuando se encuentran desgastadas, dejan una pequeña rebaba de unión entre una y otra etiqueta, por lo quees colocada en una posición incorrecta, entoncesse generan mermasde la misma.

Las etiquetas son entregadas por el proveedor en bobinas de 6 kg, que corresponden al peso del cono y 5000 etiquetas, sin embargo, se ha detectado que el peso de los conos es variable, por lo tanto, sucede lo mismo con la cantidad de etiquetas. Ello perjudica el control y cálculo de mermas de etiquetas en la producción ya que este se realiza de la siguiente manera:

$$\% \text{ Merma} = \frac{\text{Peso de Merma (kg)}}{\text{Peso de Etiquetas (kg)}}$$

Donde el peso de las etiquetas, según lo ofrecido por el proveedor, debería ser 5.7 kg, el cual tendría que ser constante (estándar) para que no exista distorsión en el porcentaje de mermas real.

3.3.2 Causas del tiempo excesivo por paradas de planta

Las causas de este problema se presentan en la Figura 22, la cual muestra el diagrama causa-efecto que analiza el tiempo excesivo por paradas en la producción; dichas causas se explican a continuación:

Causas relacionadas a los métodos: Las actividades para el cambio de formato que se realiza para producir botellas de 500 ml a 750 ml y viceversa, son netamente manuales lo cual genera demoras al no haber precisión al ser ejecutadas. Adicionalmente, no se cuenta con manuales de procedimientos, por ello, no existe estandarización en los procesos, y al ser realizados de manera distinta por cada operario según el turno de operación, los tiempos varían y en la mayoría de casos incrementan el tiempo total por parada de planta.

Causas relacionadas a la mano de obra: Los operarios que laboran en la planta de producción no son polifuncionales, es decir, cada uno tiene una actividad específica asignada; si uno de ellos falta cuando toca realizar cambio de formato es bastante complicado que otro conozca la forma de proceder, ello también se debe a que no se brinda capacitación continua al personal.

Causas relacionadas a la maquinaria y equipos: En la planta de producción actualmente solo existe el mantenimiento correctivo ya que las máquinas no reciben mantenimiento preventivo, al no ser conocidas las especificaciones de uso y mantenimiento, la maquinaria y equipos falla en cualquier momento lo cual ocasiona paradas de planta inesperadas y por lo tanto retrasos en la producción.

Se puede definir que las causas más importantes del tiempo excesivo por paradas de planta son: operarios especializados (no polifuncionales), y procedimiento de cambio de formato manual y no estandarizado.

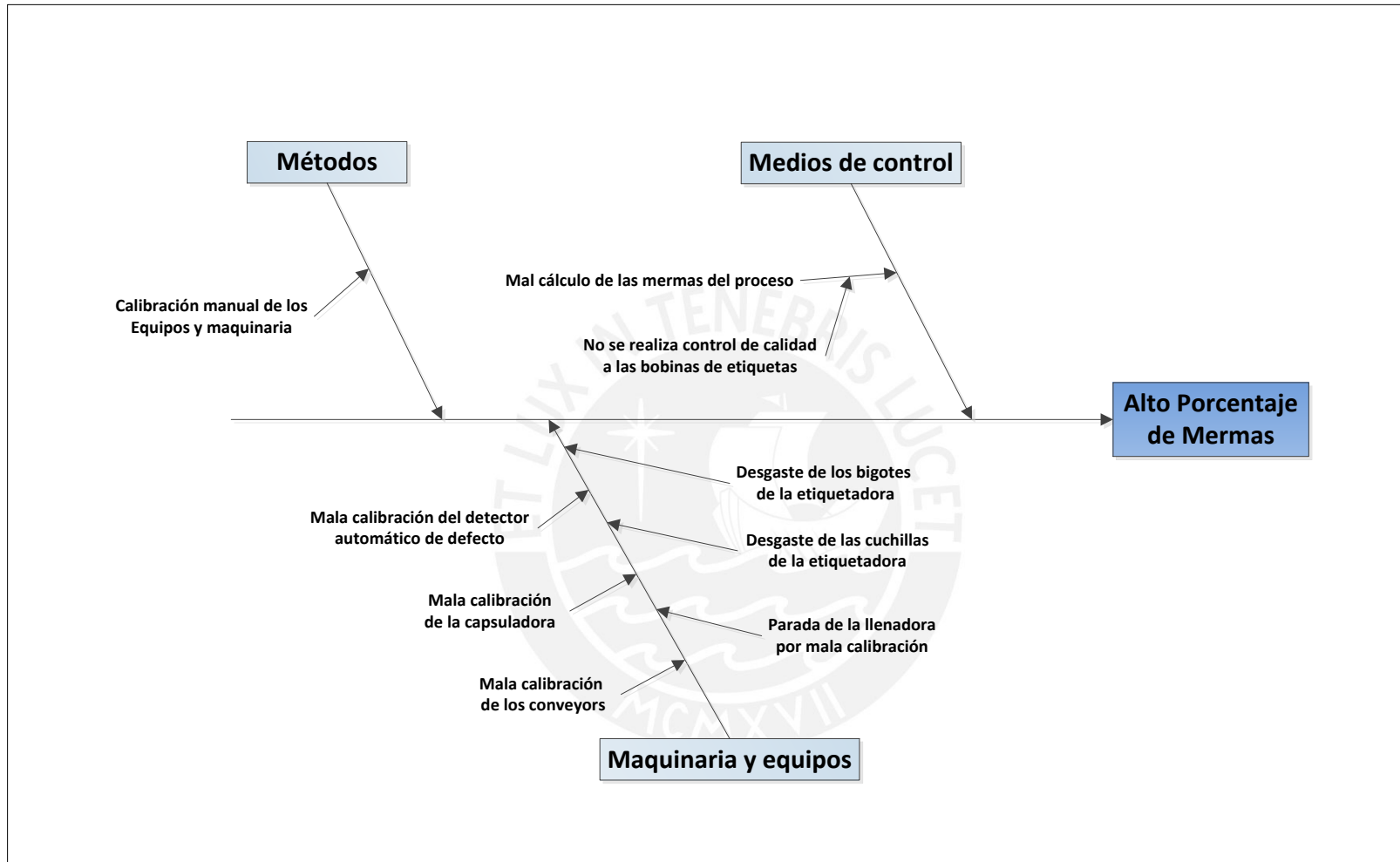


Figura 21: Diagrama Causa-Efecto para alto porcentaje de mermas
Elaboración propia

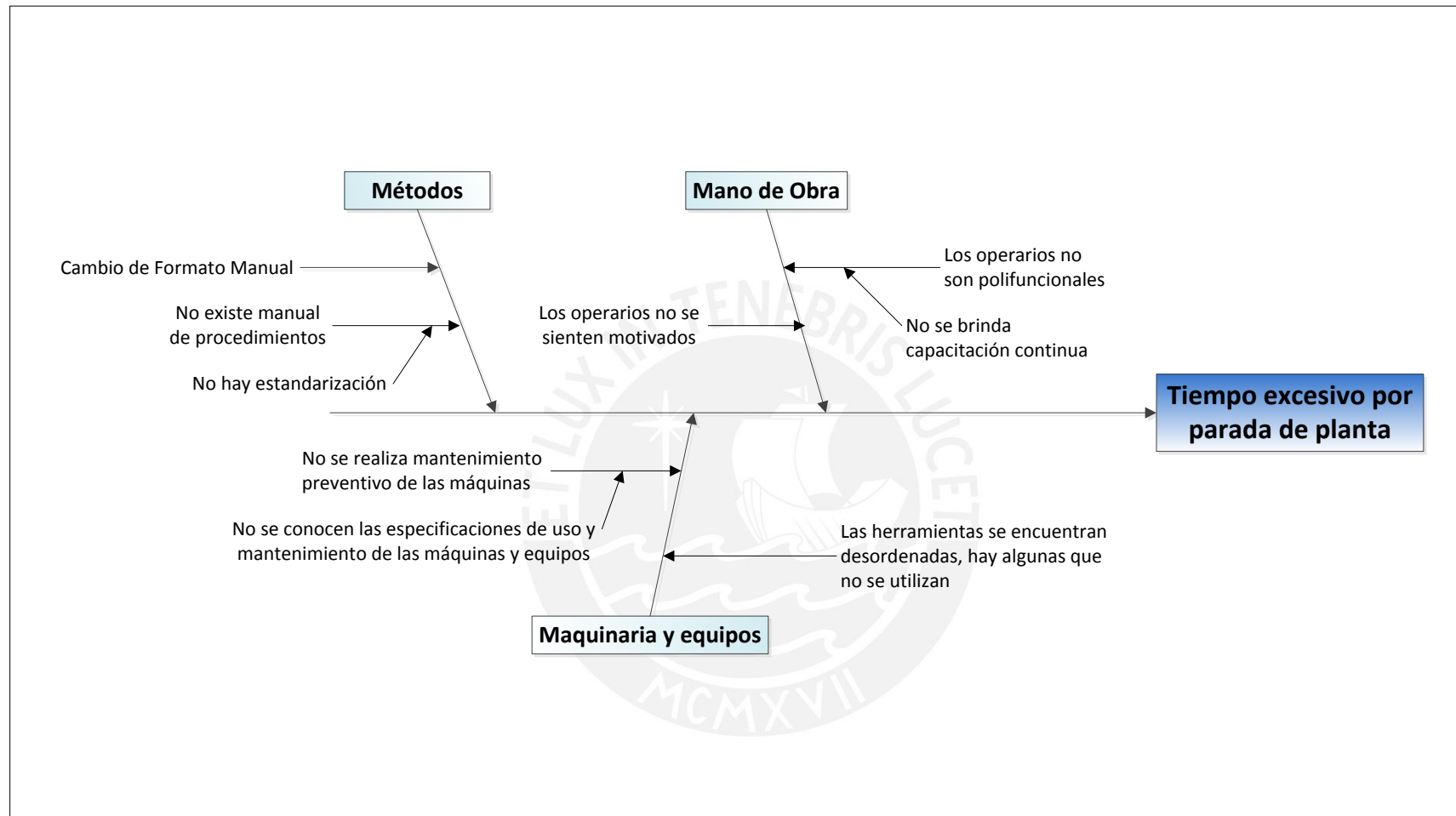


Figura 22: Diagrama Causa-Efecto para el tiempo excesivo por parada de planta
Elaboración propia

CAPÍTULO 4. Propuestas de mejora

En el capítulo 3 se determinó, a partir de una matriz de ponderación de factores, que los problemas más relevantes en la planta de producción son: 1) tiempo excesivo por paradas de planta, y 2) alto porcentaje de mermas (tapas, botellas, y etiquetas). De la misma manera, se explicaron los motivos que contribuyen a la generación de dichos problemas, en ese sentido, el objetivo es disminuir o eliminar las causas detectadas para mitigar el impacto de las mismas. En la Tabla 6 se presentan propuestas de mejora asociadas a dichas causas, asimismo, se detalla la frecuencia y responsable de la ejecución de la acción correctiva.

Tabla 6: Propuestas de mejora

| Causas vinculadas | Propuesta de mejora | Frecuencia | Responsable |
|--|--|----------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Operarios especializados (no polifuncionales) - Falta de capacitación a los operarios | Brindar capacitación y entrenamiento en buenas prácticas de manufactura a los operarios, con el fin de que aprendan a operar todas las máquinas y sean multifuncionales. | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> - Gerente de Producción - Departamento de Calidad |
| <ul style="list-style-type: none"> - Falta de motivación de los operarios | Colocar un el mural de indicadores, de tal manera que se pueda apreciar el avance, eficiencia y metas, buscando la motivación del personal. | Actualización diaria | <ul style="list-style-type: none"> - Área de Recursos Humanos |
| <ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento del cambio de formato no estandarizado - Mala calibración de las máquinas y equipos | Implementación de la metodología SMED y posterior elaboración de manuales para el cambio de formato. | Única vez | <ul style="list-style-type: none"> - Jefe de Planta |
| <ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento del cambio de formato no estandarizado - Mala calibración de las máquinas y equipos | Realizar mejoras en los procedimientos de producción, específicamente en la operación de la maquinaria, y documentar los procedimientos involucrados. | Única vez | <ul style="list-style-type: none"> - Jefe de Planta - Gerente de Producción |
| <ul style="list-style-type: none"> - Falta de control del proceso productivo - Falta de motivación de los operarios | Realizar círculos de calidad, para poder instruir a los operarios en las tareas a realizar. | Diaria | <ul style="list-style-type: none"> - Jefe de Planta - Gerente de Producción |
| <ul style="list-style-type: none"> - Inexistencia de mantenimiento preventivo | Realizar mantenimiento preventivo a todas las máquinas. | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> - Jefe de Planta - Departamento de Mantenimiento |

| | | | |
|---|---|-------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Mala calibración de las máquinas y equipos - Procedimiento manual de cambio de formato | <p>Abastecer a la planta con herramientas necesarias para la realización de todos los trabajos.</p> | <p>Única vez</p> | <p>Jefe de Planta y Departamento de Mantenimiento</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Falta de motivación de los operarios | <p>Realizar eventos extracurriculares con el fin de generar integración entre los trabajadores.</p> | <p>Trimestral</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Área de Recursos Humanos |
| <ul style="list-style-type: none"> - Falta de control estadístico del proceso - Mala calibración de las máquinas y equipos | <p>Realizar un control estadístico del proceso para establecer límites mínimos y máximos de mermas que deberán cumplirse para cada lote de la producción.</p> | <p>Semanal</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Área de Control de Calidad |

Elaboración propia

Se ha determinado seleccionar las soluciones que permitan eliminar, total o parcialmente, las causas más importantes de los problemas expuestos. El tiempo excesivo por paradas de planta será reducido mediante la implementación de la metodología SMED para el cambio de formato, luego de ello se procederá a elaborar manuales de procedimientos para que las actividades sean realizadas de manera óptima. Un paso paralelo además, sería la capacitación de los operarios para que puedan ser multifuncionales y las tareas se realicen en menor tiempo.

Por otro lado, el alto porcentaje de mermas en botellas, tapas, y etiquetas, será reducido mediante la implementación de un control estadístico del proceso, con ello se podrá verificar que las mermas generadas por cada lote de producción se encuentren dentro de los límites permitidos, de salirse de los límites, se procederá a analizar la causa y plantear soluciones inmediatas. Otra solución es que se realizarán mejoras referentes a la operación de la maquinaria para que pueda ser utilizada a su máxima capacidad y de forma eficiente.

4.1 Herramienta para la mejora: SMED

El cambio rápido es un método para analizar los procesos de manufacturas en la organización, para reducir los materiales, recursos especializados y tiempo requerido de ajuste de equipo, incluyendo cambio de herramientas (Reyes, 2009).

Según Reyes (2009), este método contribuye con la reducción de tiempos muertos, así también a mejorar actividades asociadas de mantenimiento. Además, permite a la organización a implementar efectivamente la producción de lote pequeño o flujo de una pieza.

SMED significa “Cambio de útiles en menos de 10 minutos”, sistema que permite minimizar drásticamente el tiempo de preparación de máquinas y de cambio de útiles de trabajo (Udaondo, 1992).

Según Reyes (2009), hay dos tipos de preparación:

- Preparación interna (IED): Operaciones realizadas con máquina parada
- Preparación Externa (OED): Operaciones realizadas con la máquina operando

Según Casanovas (2011), se deben convertir las operaciones internas en externas y organizándolas acercándolas a la máquina y siempre con el objetivo de priorizar el tiempo de máquina por encima del de operario.

Según Paredes (2012), los beneficios del SMED son los siguientes:

- ❖ Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.
- ❖ Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos y menos tiempo de espera para los clientes.
- ❖ Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.
- ❖ Cambio más sencillo: Necesidad de operarios menos cualificados, se evitan situaciones de riesgo (mayor seguridad), se eliminan errores en el proceso (mejor calidad)
- ❖ Producción con stock mínimo: Lotes más pequeños, menor inventario en proceso.
- ❖ Simplificación del área de trabajo: Codificación de utillajes, Lista de verificación de herramientas, limpieza.

4.1.1 Situación actual

El cambio de formato se refiere a los ajustes de calibración, preparación, y/o adecuación que se deben realizar en determinadas máquinas de la línea de producción cuando se desee cambiar la fabricación de una presentación a otra, es decir, de botella de 500ml a 750 ml y viceversa.

A continuación se describen las actividades a seguir para el cambio de formato de las siguientes máquinas: depaletizador, Tri-block, etiquetadora, empacadora.

a) **Cambio de formato en el depaletizador:** en esta máquina se realizan ajustes en el *transfer* y el *conveyor* de entrada a la planta.

La regulación del transfer consiste en desajustar el sensor con ayuda de una llave #24 y colocarlo en la posición correspondiente a la altura de la botella de 500 ml o 750 ml, según sea el caso; dicha altura se mide actualmente utilizando como guía una botella de la presentación a producir. En la Figura 23 se muestra el sensor a regular.

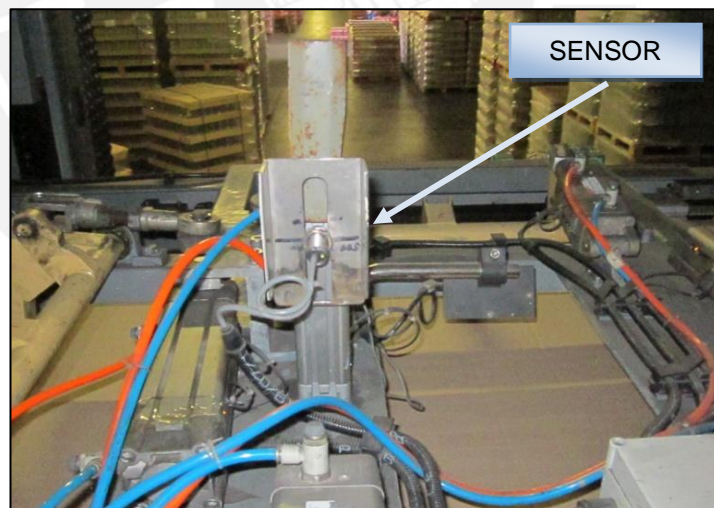


Figura 23: Sensor en el depaletizador
Fuente: La Empresa

Otra actividad en la preparación del transfer es la regulación de barandas, las cuales se ubican a ambos lados de la línea de producción tal como se puede apreciar en la Figura 24. Para ambos lados, el operario debe colocar cada soporte horizontal (señalado en flechas

rojas) en la marca correspondiente ya sea para la botella de 500 ml o 750 ml.

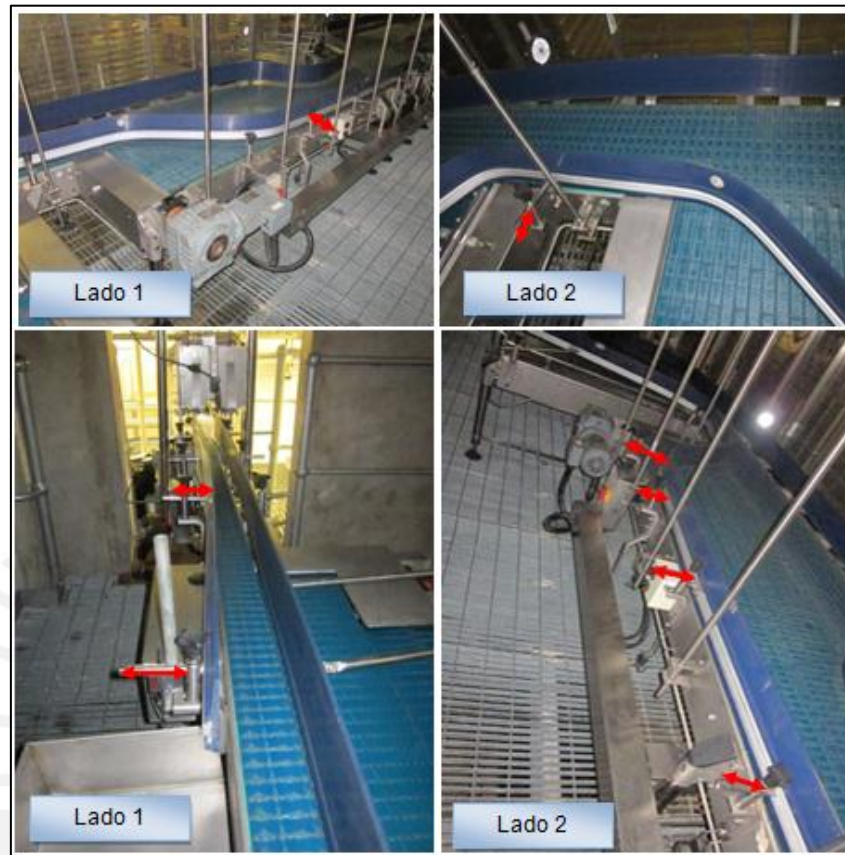


Figura 24: Barandas de la línea de producción

Fuente: La Empresa

Los ajustes en el conveyor de entrada a la planta consisten en regular su altura; es decir, subir o bajar, según el formato a cambiar, 4 cm aproximadamente los parantes o soportes de la parte delantera del conveyor. Dicha distancia es medida con una wincha.

Por otro lado, con la ayuda de la manivela o timón, se regula la altura de la guía de entrada de botellas al conveyor aéreo según se muestra en la Figura 25.



Figura 25: Guía de entrada al *conveyor* aéreo
Fuente: La Empresa

- b) **Cambio de formato de Tri-block:** Como se muestra en la Figura 26, el Tri-block consta de 3 máquinas, a las cuales se les debe de realizar una calibración específica: el *rinser*, la llenadora, y la capsuladora.

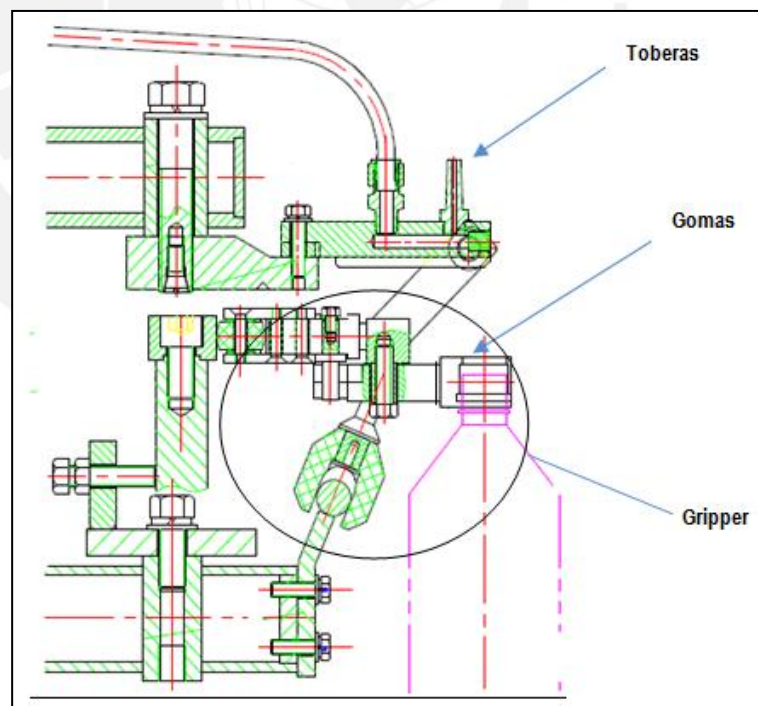


Figura 26: Máquinas del Tri-block
Fuente: La Empresa

Se debe retirar todas las 120 gomas centradoras y 120 bases (placas de inoxidable). Por cada gripper se tiene que desinstalar 2 gomas y 2

placas. También se debe colocar las nuevas gomas y sus bases, las cuales son totalmente diferentes, entre sí: las de 500 ml tienen 2 líneas en el centro en el alto relieve y las de 750 ml no tienen líneas, son lisas, su base (placa inoxidable) son más grande. En la Figura 27 se puede apreciar una goma centradora para una botella de 750 ml.

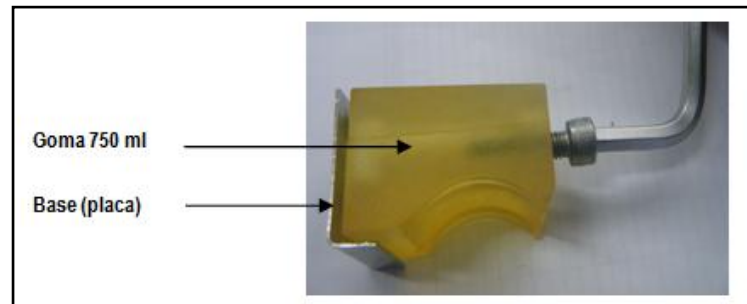


Figura 27: Goma Centradora

Fuente: La Empresa

En la llenadora, mostrada en la Figura 28, se debe retirar los 50 centradores de cuello, y luego instalar los centradores del nuevo formato; dichos centradores de cuello se aprecian en la Figura 29. Los centradores de cuello para la botella de 750 ml presentan las uñas más abierta que en el caso de las botellas de 500 ml.

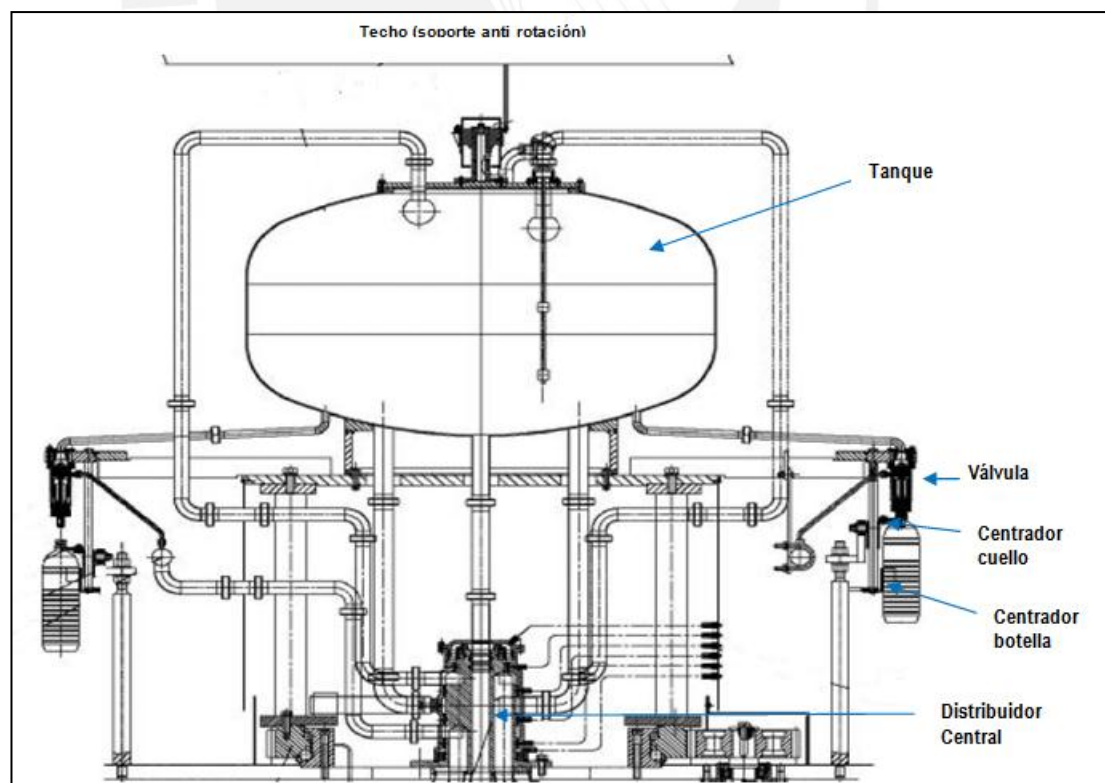


Figura 28: Esquema de la llenadora

Fuente: La Empresa

En la llenadora se deben retirar los centradores de cuello, los cuales son 50, y luego instalar los centradores del nuevo formato. Los centradores de cuello para la botella de 750 ml presentan las uñas más abiertas que en el caso de las botellas de 500 ml.



Figura 29: Centrador de Cuello

Fuente: La Empresa

Luego se procede a retirar los centradores de botellas, los cuales también son 50, agrupados en 10 bloques de 5 cada uno. Estos se ubican en la parte inferior y sirven de apoyo a los envases, lo cual se puede visualizar en la Figura 30. Los centradores correspondientes para las botellas de 500 ml son más pequeños y más altos que los de 750 ml.

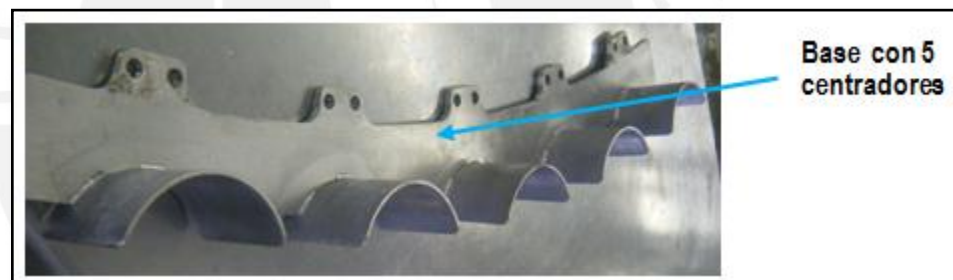


Figura 30: Centrador de Botella

Fuente: La empresa

Por último, como se ve en la Figura 31, se debe centrar la punta de la válvula con el centro del envase. Esta acción debe realizarse colocando un envase vacío.

Los primero que se debe hacer para calibrar la capsuladora, mostrada en la Figura 32, es retirar la mordaza/chuck, los antiguos, el disco o plato entrega tapas, las barandas de tapas laterales, el pisador de tapas, el pistón de entrega tapas, y colocar el del formato correspondiente. Inmediatamente después instalar las piezas del nuevo formato, similares a las retiradas en el paso anterior.

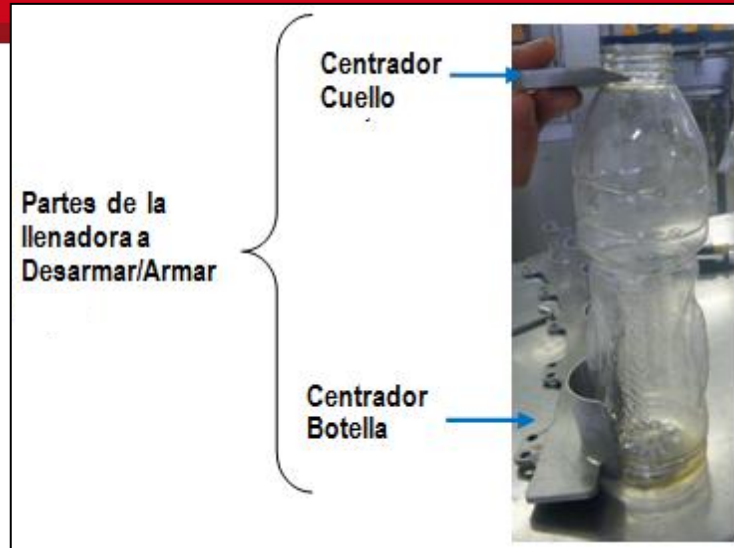


Figura 31: Botella centrada con válvula
Fuente: La Empresa

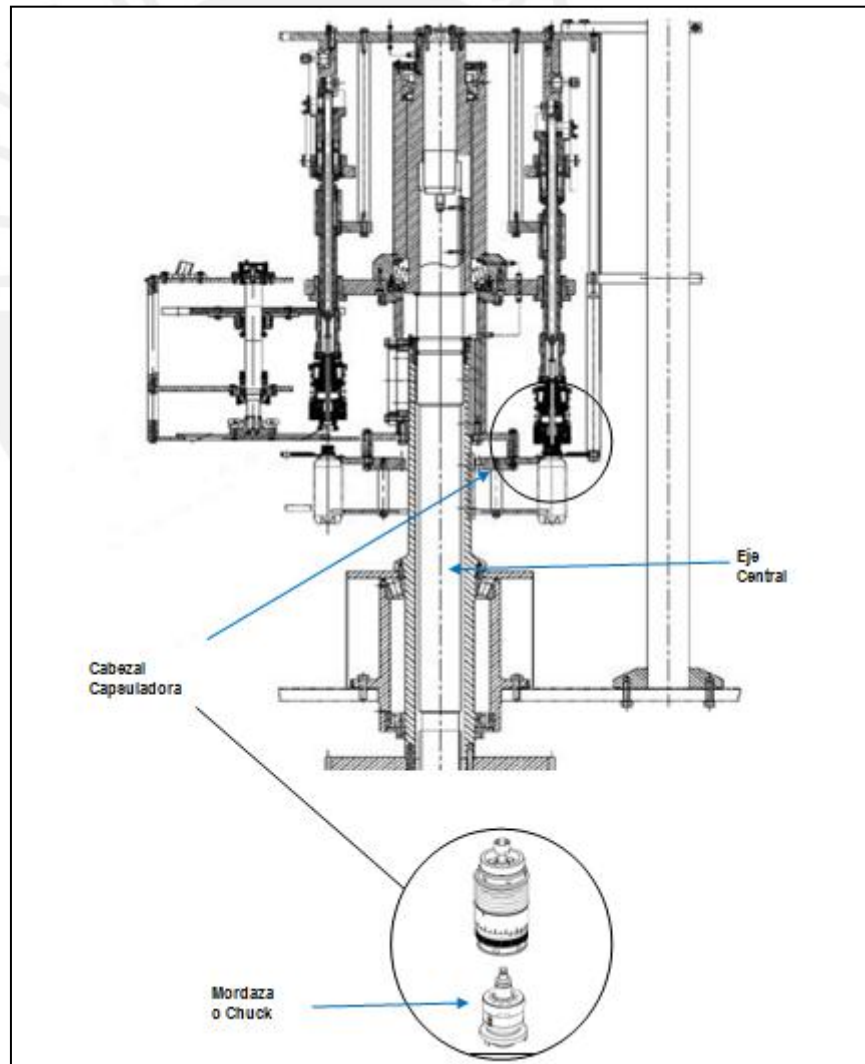


Figura 32: Capsuladora
Fuente: La Empresa

Para la regular o calibrarlas piezas se debe usar un supple de acero inoxidable, este debe estar centrado entre el cabezal y el antiguo, caso contrario corregir regulando el antiguo. En la Figura 33 se puede apreciar este procedimiento. Finalmente se coloca el chuck o mordaza.

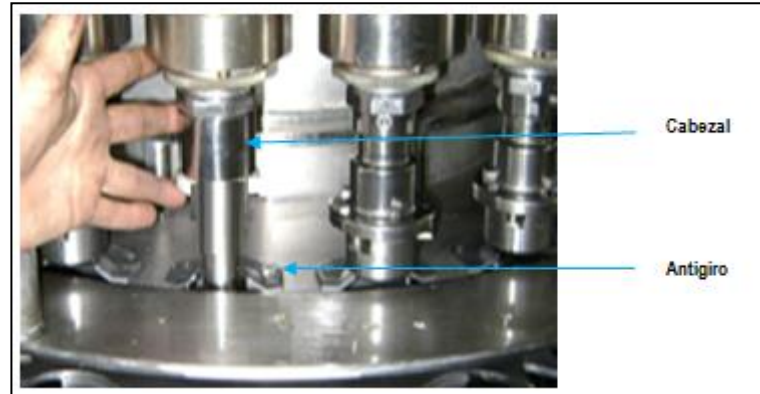


Figura 33: Centrado del cabezal con el antiguo

Fuente: La Empresa

- c) **Cambio de formato en la etiquetadora:** se realizan ajustes en el transfer y el *conveyor* de entrada a la planta.

La regulación del tornillo sinfín, el cual tiene la función de separar las botellas a una determinada distancia que permita que la etiqueta encaje de manera precisa, consiste en retirar la guarda de protección con un destornillador punta estrella, luego se desmonta el tornillo sinfín y los sujetadores correspondientes, tal como se muestra en la Figura 34. Por último se coloca el sinfín adecuado según el formato a producir.

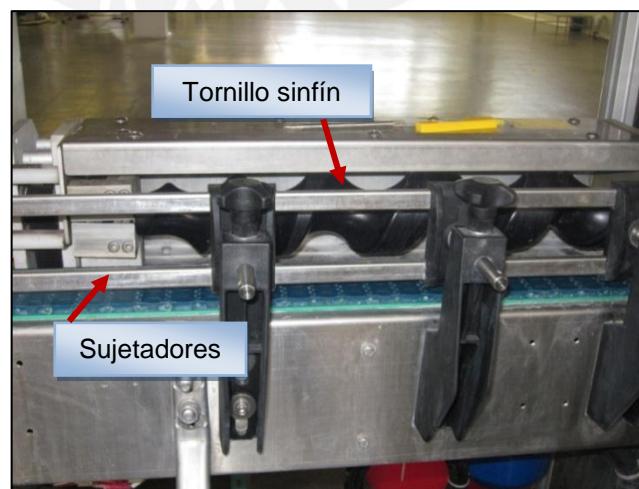


Figura 34: Tornillo sinfín y sujetadores

Fuente: La Empresa

El siguiente paso es la regulación del sensor de longitud de etiqueta según el formato a producir, consiste básicamente en ajustar las manivelas para variar la posición del sensor. La Figura 35 muestra el sensor y las manivelas regulables.



Figura 35: Sensor y manivelas

Fuente: La Empresa

Luego se procede a la calibración de la faja de conducción de las botellas, la cual está sujeta a la consola de la máquina etiquetadora mediante polines. Para variar el ancho y altura de la faja se debe manipular dos manivelas, ambas tienen una escala graduada. En la Figura 36 se puede apreciar la faja conductora.



Figura 36: Faja conductora

Fuente: La Empresa

Para esta máquina también es necesario regular los bigotes, los cuales son jebes que sirven para acomodar la etiqueta en el cuerpo de la botella. Dichos bigotes, mostrados en la Figura 37, se deben ajustar a la altura deseada según la presentación del producto que se vaya a realizar, de 750 ml o 500 ml respectivamente.

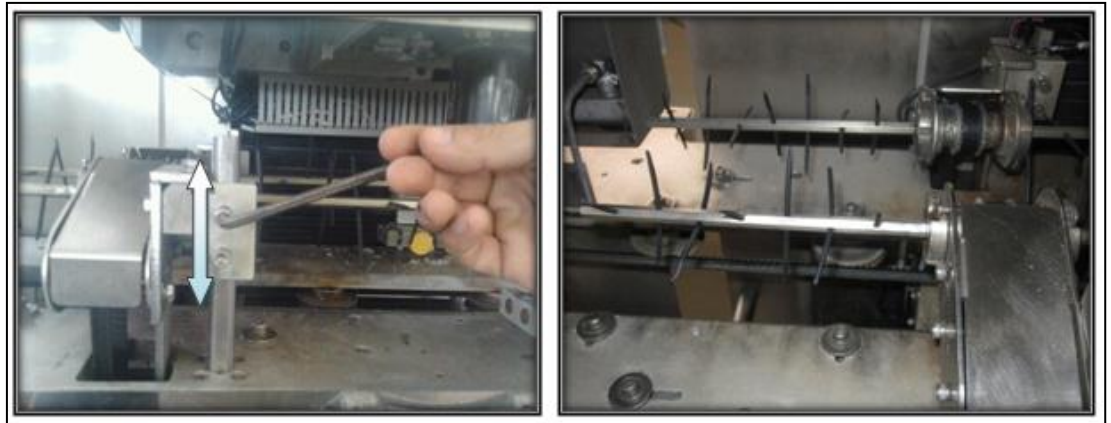


Figura 37: Bigotes de la etiquetadora

Fuente: La Empresa

El horno de pre encogido también debe calibrarse según la presentación de botella que se vaya a producir. En este caso se debe regular la altura. En la Figura 38 se aprecia el horno de pre encogido.



Figura 38: Regulación del Horno de Pre Encogido

Fuente: La Empresa

Del mismo modo, las toberas de vapor que se muestran en la Figura 39 también deben ser reguladas para cada formato respectivamente.



Figura 39: Regulación de Toberas de Vapor

Fuente: La Empresa

Por último, se debe ajustar la altura de las cuchillas de aire, mostradas en la Figura 40, a la salida del túnel de vapor; esta actividad se realiza actualmente colocando una botella del modelo a producir para subir o bajar las cuchillas respectivamente.



Figura 40: Cuchillas de aire a la salida del túnel de vapor

Fuente: La Empresa

d) **Cambio de formato en la empacadora:** En esta etapa se realizan ajustes en las barandas azules, en el sistema separador de botellas, en el cambio de *fingers* y los reguladores de *pusher* y en la regularización del sistema del *Wrapper*.

Para la regularización de las barandas azules, se debe ajustar ambos lados, el “Lado 1” y el “Lado 2”, tal como se muestra en la Figura 41. Para ambos lados se deben mover las barandas a las marcas establecidas para cada botella de 500 ml o 750 ml respectivamente.

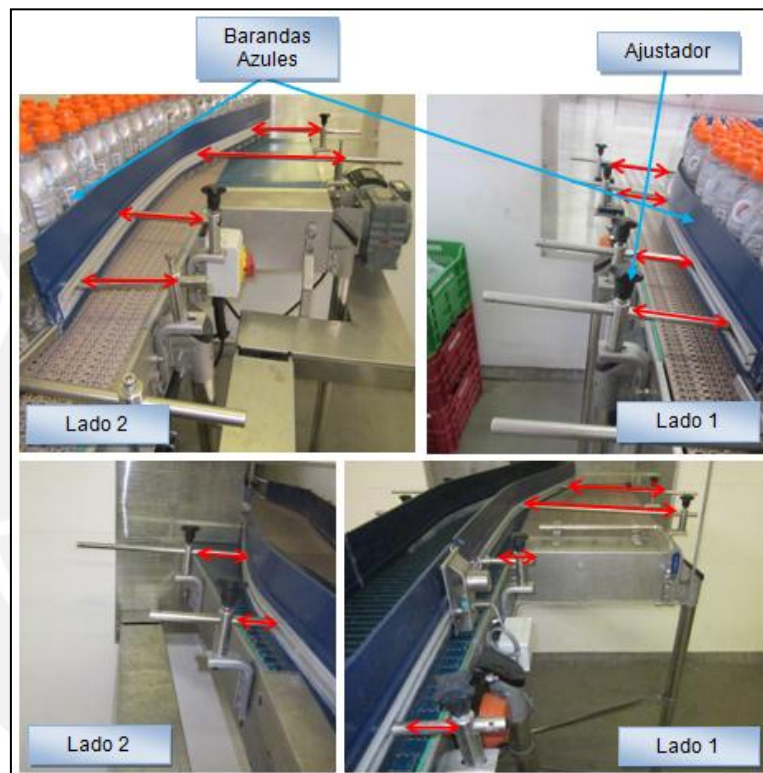


Figura 41: Lados de las barandas de la empacadora

Fuente: La Empresa

Para la regulación del sistema separador de botellas, hay varios pasos que seguir. Primero se debe desajustar los tres pernos con llave boca #24 y regular las planchas separadores a la medida del grosor de las botellas según corresponda de 500 ml o 750 ml, este espacio se mide con ayuda de una wincha como se muestra en la Figura 42. La tolerancia para la separación de las planchas es de ± 5 mm.



Figura 42: Planchas separadoras a la entrada de la empacadora
Fuente: La Empresa

Luego de colocar las planchas en el lugar donde corresponde, estas se deben ajustar con una llave Allen #5 además de ayudarse con los ajustadores tal como se muestra en la Figura 43.



Figura 43: Ajustadores
Fuente: La Empresa

Para poder regular el sistema separador de botellas, es necesario calibrar también las barandas paralelas dobles, esto se logra con ayuda de una llave Allen #4. Las barras son movidas hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la presentación del producto. En la Figura 44 se muestra el sentido del traslado de las barandas paralelas dobles. Esta operación se debe realizar a ambos lados de la línea.

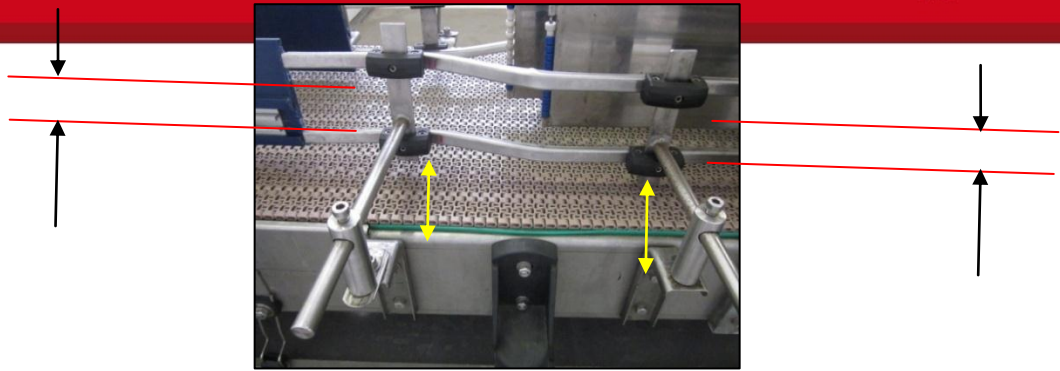


Figura 44: Barandas paralelas dobles
Fuente: La Empresa

En el cambio de formato para los fingers, estos se deben desajustar en cada extremo de la barra para separarla de la mesa. Los fingers se sacan para luego colocarlos en la posición correspondiente según formato de la botella. En las Figuras 45 y 46 se muestra la ubicación de los fingers.



Figura 45: Ubicación de fingers
Fuente: La Empresa

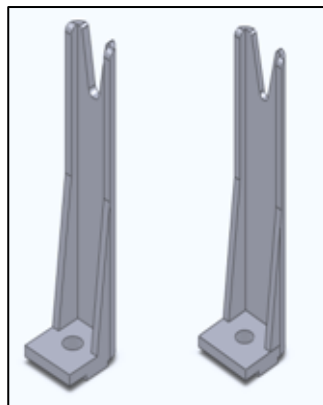


Figura 46: Fingers
Fuente: La Empresa

En la regulación de los sujetadores del área de los pusher, se regulan las barandas y los sujetadores, teniendo en cuenta el tipo de presentación de producto que se va a envasar, es decir botella de 500 ml o la de 750 ml, esto se aprecia en la Figura 47.



Figura 47: Regulación de los sujetadores

Fuente: La Empresa

La regulación de la altura del sistema Wrapper para esto se sube o baja el sistema del Wrapper dándole vueltas a una manivela según el formato de botella a producir. En la Figura 48 se muestran la manivela a girar, y las marcas a donde se debe llevar al Wrapper.

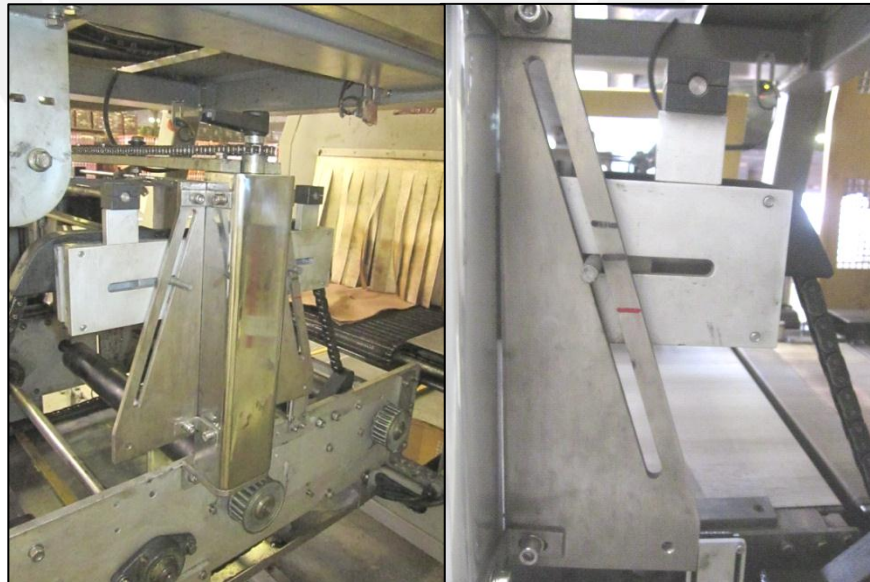


Figura 48: Regulación de la altura del sistema del Wrapper

Fuente: La Empresa

Por último, en esta etapa se regulan los sensores de presencia de las botellas, esto se logra utilizando una llave de boca #10. Este proceso se puede apreciar en la Figura 49.



Figura 49: Sensor de presencia de botellas

Fuente: La Empresa

Luego de haber calibrado todos los equipos para las dos presentaciones del producto, se debe cambiar los parámetros de trabajo en el panel de control, un pantallazo del sistema se muestra en la Figura 50.

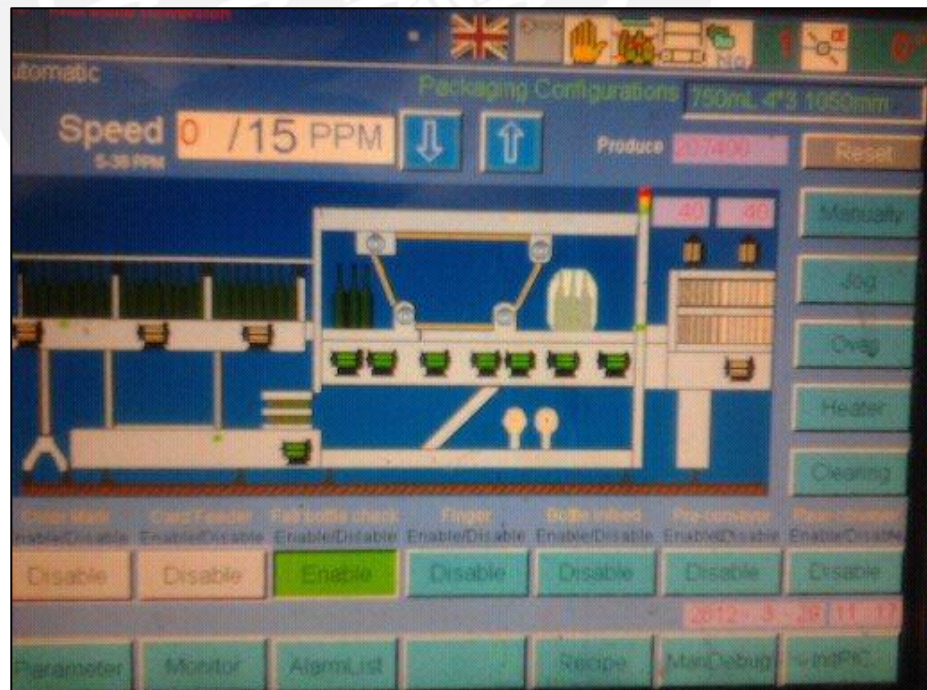


Figura 50: Panel de Control

Fuente: La Empresa

A continuación se presenta en la Figura 51 el Diagrama Multi-Actividades actual del cambio de formato, de esta manera se esquematiza el tiempo en horas que toma realizar las actividades de ajuste y calibración necesarios para el cambio de formato en cada uno de los puestos o máquinas, adicionalmente se presenta el número de operarios requeridos por cada una de las mismas. El Diagrama Multi-Actividades presentado es por un turno de 12 horas.

De la misma manera, en la Tabla 8 se observa el análisis de preparación en la empacadora, se puede apreciar que el tiempo a eliminar por traslados es de 20 minutos, así la mayoría de las actividades es de tipo ajuste. En la Tabla 9 se observa que solo hay una actividad de traslado que se debe eliminar, pero esta actividad toma 15 minutos, lo cual es un tiempo considerable. En la Tabla 10, que describe la preparación del depaletizador, se aprecian dos actividades de traslados que se deben eliminar, y al igual que en la empacadora la mayoría de las actividades que se realizan son de ajuste. Por último, en la Tabla 11 se presentan los resultados de tiempos en la etiquetadora; en esta máquina solo hay una actividad de traslados que toma 18 minutos, la cual se debe de eliminar.

En todas las tablas expuestas se pueden distinguir si las operaciones son internas o externas y si existe alguna actividad que se puede eliminar. Se deben convertir las actividades internas en actividades externas, de esta manera se podrá reducir el tiempo de preparación de las máquinas.

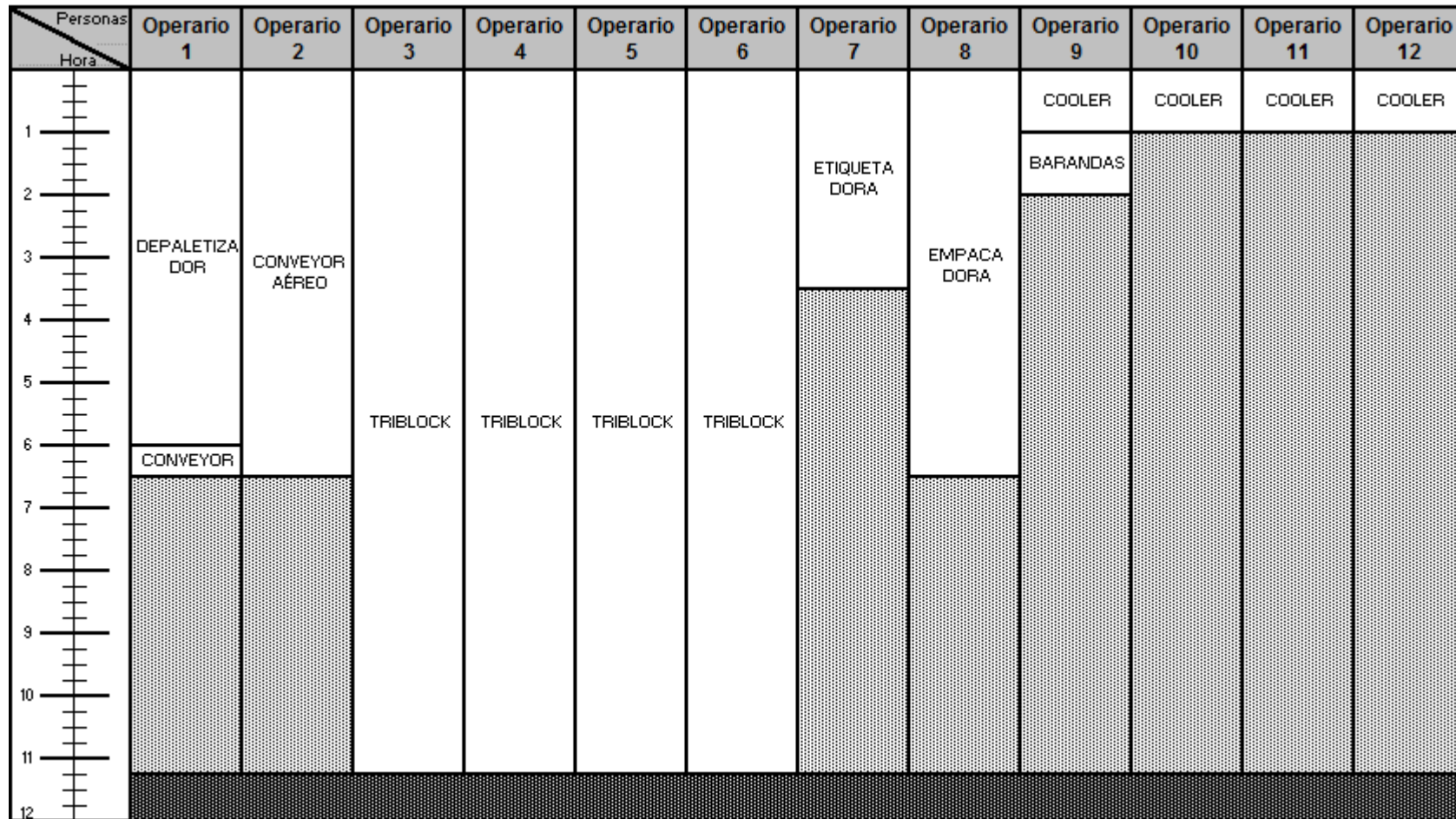


Figura 51: Diagrama Multi-Actividades Hombre-Máquina

Tabla 7: Tipos de Desperdicios

| | |
|---------------------|--|
| Organización | Búsquedas, Transportes innecesarios, selección de piezas, etc. |
| Reemplazo | Aflojar y ajustar pernos, posicionar, retirar, instalar |
| Ajustes | calibrar, regular en nueva posición, etc. |

Tabla 8: Análisis de Preparación de la Empacadora

| Nº | Actividad | Categoría | | | Tiempo (min) | |
|-----------------------|---|-----------|---------|-------------|--|----------------|
| | | Interna | Externa | Desperdicio | | |
| | | | | ¿eliminar? | | Tipo |
| 1 | Regular las barandas azules | X | | | Ajustes | 35 |
| 2 | Traer llave boca #24 y Wincha | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 3 | Regular planchas separadoras a las distancias según presentación | X | | | Ajustes | 35 |
| 4 | Traer llave allen #5 | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 5 | Ajustar planchas separadoras | X | | | Ajustes | 28 |
| 6 | Traer llave allen #4 | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 7 | Regular barandas paralelas dobles. Regular altura según formato de botella | X | | | Ajustes | 22 |
| 8 | Cambiar los finger de posición según formato correspondiente | X | | | Ajustes | 125 |
| 9 | Regular las barandas y los sujetadores, en el área de los pusher, según presentación | X | | | Ajustes | 35 |
| 10 | Regular la altura del Wrapper para la presentación de botella correspondiente | X | | | Ajustes | 36 |
| 11 | Traer llave de boca #10 | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 12 | Regular sensor de presencia, a la altura correspondiente por cada presentación de botella | X | | | Ajustes | 25 |
| 13 | Calibrar panel de control con los parámetros correspondientes | X | | | Ajustes | 10 |
| Total Tiempos: | | 351 | 0 | 20 | TOTAL: | 371 min |

Tabla 9: Análisis de Preparación del Triblock

| Nº | Actividad | Categoría | | | | Tiempo (min) |
|-----------------------|---|-----------|---------|-------------|--|----------------|
| | | Interna | Externa | Desperdicio | | |
| | | | | ¿eliminar? | Tipo | |
| 1 | Cambiar gomas centradoras y las bases (placas de acero inoxidable). Son 120 | X | | | Reemplazo | 130 |
| 2 | Cambiar los centradores de cuello en la llenadora. Son 50 | X | | | Reemplazo | 130 |
| 3 | Centrar la punta de las válvulas con el centro de la botella | X | | | Ajustes | 65 |
| 4 | Ir a traer caja de herramientas y supple de acero inoxidable | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 15 |
| 5 | Cambiar en la capsuladora las mordazas o chuck. | X | | | Reemplazo | 38 |
| 6 | Cambiar los antiguos en la capsuladora | X | | | Reemplazo | 35 |
| 7 | Sustituir el plato entrega tapas por el correspondiente, en la capsuladora | X | | | Reemplazo | 35 |
| 8 | Cambiar la baranda de tapas laterales | X | | | Reemplazo | 27 |
| 9 | Cambiar el pisador de tapas por el correspondiente según formato | X | | | Reemplazo | 20 |
| 10 | Cambiar el piston de entrega de tapas por el del formato correspondiente | X | | | Reemplazo | 23 |
| 11 | Cambio de Juego de estrellas | X | | | Reemplazo | 92 |
| 12 | Cambio de centradores de botellas | X | | | Reemplazo | 62 |
| Total Tiempos: | | 657 | 0 | 15 | TOTAL: | 672 min |

Tabla 10: Análisis de Preparación del Depaletizador

| Nº | Actividad | Categoría | | | | Tiempo (min) |
|-----------------------|--|-----------|---------|-------------|--|----------------|
| | | Interna | Externa | Desperdicio | | |
| | | | | ¿eliminar? | Tipo | |
| 1 | Ir a traer llave allen #24,13.17 | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 3 | Regulación de barandas | X | | | Ajustes | 50 |
| 4 | Ir a traer winchas | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 5 |
| 5 | Regular altura del conveyor | X | | | Ajustes | 30 |
| 6 | Regular la altura de la guia a la entrada del conveyor aéreo | X | | | Ajustes | 12 |
| 7 | Regulacion del sensor de transfer | X | | | Ajustes | 10 |
| 8 | Guías de ltrasportador aereo aerero | X | | | Ajustes | 240 |
| Total Tiempos: | | 92 | 0 | 10 | TOTAL: | 352 min |

Tabla 11: Análisis de Preparación de la Etiquetadora

| Nº | Actividad | Categoría | | | | Tiempo (min) |
|----|--|-----------|---------|-------------|--|--------------|
| | | Interna | Externa | Desperdicio | | |
| | | | | ¿eliminar? | Tipo | |
| 1 | Traer herramienta punta de estrella | X | | X | Organización ("Búsqueda de herramientas) | 18 |
| 2 | Cambiar tornillos sinfín con el tornillo del formato correspondiente | X | | | Reemplazo | 40 |
| 3 | Regular el sensor de longitud de etiqueta según formato a envasar | X | | | Ajustes | 15 |
| 4 | Calibrar faja de conducción de las botellas. Variar ancho y altura | X | | | Ajustes | 35 |
| 5 | Ajustar los bigotes de la etiquetadora a la altura deseada según formato | X | | | Ajustes | 19 |
| 6 | Regular la altura del horno de pre encogido. Según formato correspondiente | X | | | Ajustes | 20 |
| 7 | Regular las toberas de vapor para cada formato de botella a envasar | X | | | Ajustes | 40 |
| 8 | Ajustar la altura de las cuchillas de aire a la salida del túnel de vapor | X | | | Ajustes | 15 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|---|----|---------------|----------------|
| Total Tiempos: | 184 | 0 | 18 | TOTAL: | 202 min |
|-----------------------|-----|---|----|---------------|----------------|

4.1.2 Propuestas de mejora

Eliminación de tiempo por traslado de herramientas

Actualmente existe un tiempo de traslado de herramientas de 63 minutos, este tiempo en el que se incurre para el cambio de formato debe ser eliminado ya que no agrega valor al proceso.

La mejora propuesta para este caso es designar un espacio dentro de la planta de producción, el cual se muestra en la Figura 52, en donde se ubiquen carros porta herramientas, mostrados en la Figura 53, los que deben contener todas las herramientas necesarias para realizar el cambio de formato de las máquinas más importantes, es decir, el depaletizador, Triblock, etiquetadora, y empacadora.

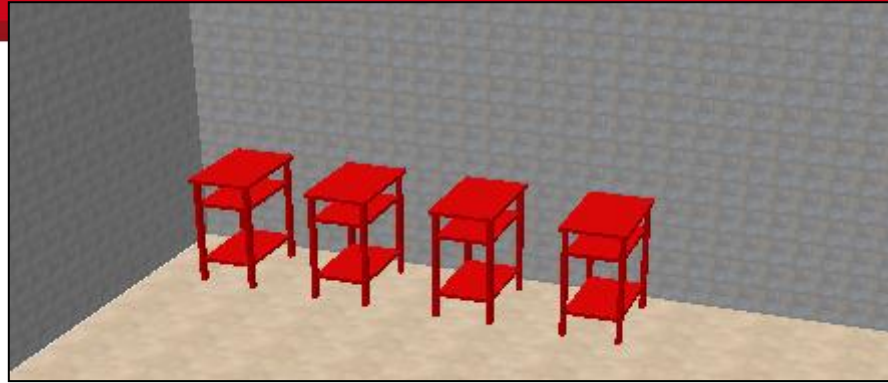


Figura 52: Disposición de los carros porta herramientas en la planta
Elaboración propia

La verificación de la disponibilidad de las herramientas mencionadas será realizada por un operario del turno anterior al del cambio de formato, este debe hacer un listado de las herramientas necesarias por máquina y debe colocarlas en el carro porta herramientas con el fin de poder facilitar al operario del siguiente turno el cambio de formato. Para ello no solo se debe comprobar que todas las herramientas necesarias se encuentren disponibles, sino también funcionales para realizar las operaciones necesarias.



Figura 53: Carro porta herramientas

A continuación se presenta la lista de comprobación para cada máquina. En la Tabla 12 se pueden observar todas las herramientas necesarias para realizar el cambio de formato en la empacadora. Del mismo modo, las herramientas necesarias para el cambio de formato del Tri-block se aprecian en la Tabla 13. En la Tabla 14, se aprecian las herramientas necesarias para

el cambio de formato del depaletizador. Por último, en la Tabla 15 se observan las herramientas necesarias para el cambio de formato en la etiquetadora.

La lista de comprobación ayuda a tener todas las herramientas a la mano antes de empezar con el cambio de formato.

Como ya se ha mencionado anteriormente, esta lista debe hacerse por el operario del turno anterior con el fin de optimizar la operación del cambio de formato.

Las herramientas listas para usar, se colocarán en una caja de herramientas trasladable que se ubicará al costado de cada máquina a la cual se le debe realizar el cambio de formato.

Cada caja con las herramientas, además de contar con un manual de procedimientos, será dejada al costado de cada máquina en el turno anterior al cambio de formato.

Tabla 12: Lista de Comprobación en la Empacadora

| Personal Requerido | Cantidad | Conformidad |
|---------------------------|----------|-------------|
| Operario | 1 | |
| Herramientas | Cantidad | Conformidad |
| Llave Allen 5mm | 1 | |
| Llave Allen 6mm | 1 | |
| Llave Allen 4mm | 1 | |
| Llave francesa #12 | 1 | |
| Llave Allen 3mm | 1 | |
| Llave Allen 2.5mm | 1 | |
| Llave de boca # 8 | 1 | |
| Llave de boca # 10 | 1 | |
| Llave de boca # 13 | 1 | |
| Llave de boca # 14 | 1 | |
| Llave de boca # 17 | 1 | |
| Llave de boca #24 | 1 | |
| Manivela especial | | |
| wincha | 1 | |
| Materiales o Insumos | Cantidad | Conformidad |
| Carrito para herramientas | 1 | |

Tabla 13: Lista de Comprobación en el Triblock

| Personal Requerido | Cantidad | Conformidad |
|---------------------------|----------|-------------|
| Operario | 4 | |
| Herramientas | Cantidad | Conformidad |
| Llave Allen 5mm | 1 | |
| Llaves mixtas #10 | 1 | |
| Llaves mixtas #17 | 1 | |
| Llave Allen 4mm | 1 | |
| Llaves mixtas #19 | 1 | |
| Llaves mixtas #13 | | |
| Llaves mixtas #10 | 1 | |
| Llaves mixtas #24 | 1 | |
| Llave Stilson #12" | 1 | |
| Llave francesa #10 | 1 | |
| Materiales o Insumos | Cantidad | Conformidad |
| Carrito para herramientas | 1 | |

Tabla 14: Lista de Comprobación en el Depaletizador

| Personal Requerido | Cantidad | Conformidad |
|---------------------------|----------|-------------|
| Operario | 2 | |
| Herramientas | Cantidad | Conformidad |
| Llave de boca #10 | 2 | |
| Llave de boca #24 | 1 | |
| Llave de boca #13 | 1 | |
| Materiales o Insumos | Cantidad | Conformidad |
| Carrito para herramientas | 1 | |

Tabla 15: Lista de Comprobación en la Etiquetadora

| Personal Requerido | Cantidad | Conformidad |
|---------------------------|----------|-------------|
| Operario | 1 | |
| Herramientas | Cantidad | Conformidad |
| Llave Allen #5 | 1 | |
| Destornillador estrella | 1 | |
| Llave de boca #10 | 1 | |
| Llave Allen#3 | 1 | |
| Materiales o Insumos | Cantidad | Conformidad |
| Carrito para herramientas | 1 | |

Ajustes en los equipos

La calibración de ciertos sensores o equipos de la línea de producción, se realiza de forma manual ya que se mide la posición o altura final de los mismos con instrumentos manuales como winchas. Dichos ajustes, necesarios para el cambio de formato, se realizan en máquinas como la etiquetadora, la empacadora, entre otras.

Para este punto específico se propone realizar marcas en los mismos equipos que indiquen las alturas estándares para las posiciones de los sensores, dichas marcas se pueden hacer con punzones especiales. El objetivo de realizar esta propuesta, es evitar la medición manual de la altura cada vez que se hace el cambio de formato, de esta manera el tiempo de calibración de los sensores que actualmente es de 40 minutos, se podría llegar a hacer en 19 minutos, es decir, el tiempo se reducirá en aproximadamente un 50%.

En la Figura 54 se muestra el sensor en la tapadora con las marcas para la fabricación de la presentación de 500 ml y 750 ml, el tiempo de calibración actual es de 38 minutos, el cual se lograría reducir en 22 minutos.

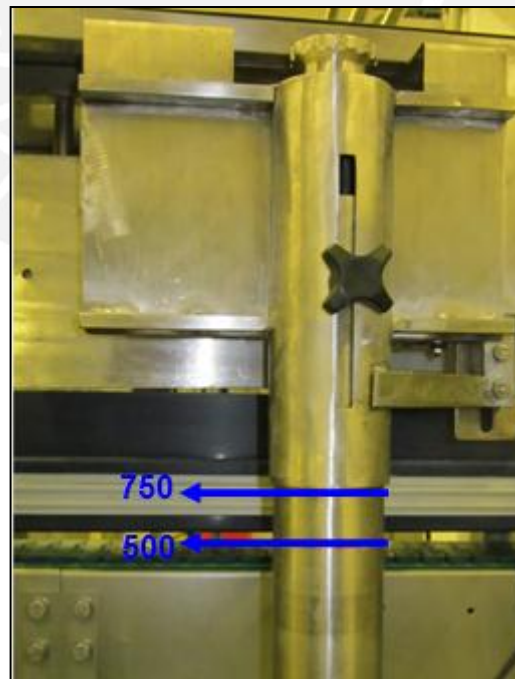


Figura 54: Marcas en el sensor de la tapadora

Fuente: La empresa
Elaboración propia

En la Figura 55 se muestra el sensor en la empacadora con las marcas para la fabricación de la presentación de 500 ml y 750 ml, el tiempo de calibración actual es de 25 minutos, el cual se lograría reducir en 13 minutos.



Figura 55: Marcas en el sensor de la empacadora

Fuente: La empresa
Elaboración propia

Con las marcas para la regulación de las alturas para el cambio de formato en el sensor en el depaletizador, lo cual se puede apreciar en la Figura 56, el tiempo de regulación que actualmente es de 12 minutos; se podrá reducir hasta en 6 minutos.

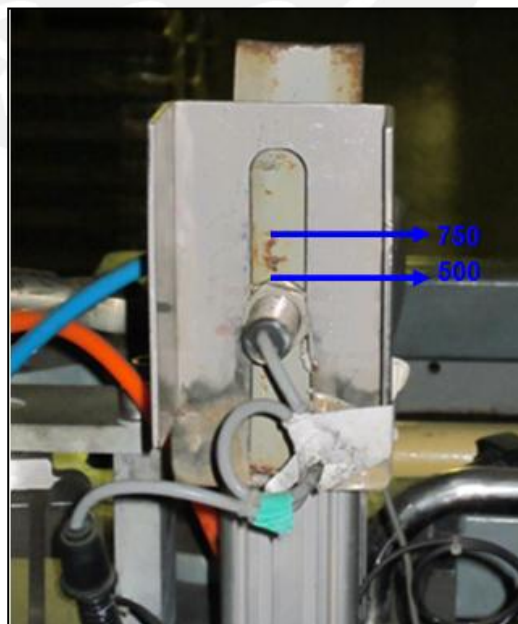


Figura 56: Marcas en el sensor del depaletizador

Fuente: La empresa
Elaboración propia

Así mismo, hay partes de las máquinas de la línea de producción, como las planchas separadoras en la empacadora o el horno de pre encogido, y las cuchillas de aire en la etiquetadora, cuya posición debe variar para la elaboración de cada presentación, estas variaciones se realizan midiendo de forma manual según el ancho o alto de cada botella. Por ello, se propone crear topes con las dimensiones ya definidas por cada botella, con el objetivo de hacer las regulaciones en menos tiempo. Cambiar de posición a los tres equipos mencionados, toma actualmente 63 minutos, con los topes y las marcas con punzón se lograría reducir este tiempo a 33 minutos.

Las dos propuestas mencionadas, se refieren a reducción de tiempos, ello se ve reflejado en la Tabla 16 que corresponde a la situación futura de la empacadora, el tiempo que se logra reducir en esa máquina es de 48 minutos. De la misma manera, la situación futura del Tri-block se muestra en la Tabla 17, con una reducción de tiempo de 15 minutos. En la Tabla 18, correspondiente al depaletizador, se ve una mejoría del tiempo del cambio de formato de 10 minutos. Por último, en la Tabla 19 se aprecia la situación futura del cambio de formato de la etiquetadora en la cual la reducción en el tiempo es de 41 minutos. En total se reduce el tiempo en 114 minutos, es decir una hora con 54 minutos.

Tabla 16: Análisis de Preparación de la Empacadora. Situación Futura

| Nº | Actividad | Categoría | | | Tiempo (min) |
|-----------------------|---|-----------|---------|---------------|----------------|
| | | Interna | Externa | Tipo | |
| 1 | Regular las barandas azules | X | | Ajustes | 35 |
| 2 | Regular planchas separadoras a las distancias según presentación | X | | Ajustes | 35 |
| 3 | Ajustar planchas separadoras | X | | Ajustes | 13 |
| 4 | Regular barandas paralelas dobles. Regular altura según formato de botella | X | | Ajustes | 22 |
| 5 | Cambiar los finger de posición según formato correspondiente | X | | Ajustes | 125 |
| 6 | Regular las barandas y los sujetadores, en el área de los pusher, según presentación | X | | Ajustes | 35 |
| 7 | Regular la altura del Wrapper para la presentación de botella correspondiente | X | | Ajustes | 36 |
| 8 | Regular sensor de presencia, a la altura correspondiente por cada presentación de botella | X | | Ajustes | 12 |
| 9 | Calibrar panel de control con los parámetros correspondientes | X | | Ajustes | 10 |
| Total Tiempos: | | 323 | 0 | TOTAL: | 323 min |

Tabla 17: Análisis de Preparación del Triblock. Situación Futura

| Nº | Actividad | Categoría | | | Tiempo (min) |
|----|---|-----------|---------|-----------|--------------|
| | | Interna | Externa | Tipo | |
| 1 | Cambiar gomas centradoras y las bases (placas de acero inoxidable). Son 120 | X | | Reemplazo | 130 |
| 2 | Cambiar los centradores de cuello en la llenadora. Son 50 | X | | Reemplazo | 130 |
| 3 | Centrar la punta de las válvulas con el centro de la botella | X | | Ajustes | 65 |
| 4 | Cambiar en la capsuladora las mordazas o chuck. | X | | Reemplazo | 38 |
| 5 | Cambiar los antiros en la capsuladora | X | | Reemplazo | 35 |
| 6 | Sustituir el plato entrega tapas por el correspondiente, en la capsuladora | X | | Reemplazo | 35 |
| 7 | Cambiar la baranda de tapas laterales | X | | Reemplazo | 27 |
| 8 | Cambiar el pisador de tapas por el correspondiente según formato | X | | Reemplazo | 20 |
| 9 | Cambiar el pistón de entrega de tapas por el del formato correspondiente | X | | Reemplazo | 23 |
| 10 | Cambio de Juego de estrellas | X | | Reemplazo | 92 |
| 11 | Cambio de centradores de botellas | X | | Reemplazo | 62 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|---|---------------|-----|-----|
| Total Tiempos: | 657 | 0 | TOTAL: | 657 | min |
|-----------------------|-----|---|---------------|-----|-----|

Tabla 18: Análisis de Preparación del Depaletizador. Situación Futura

| Nº | Actividad | Categoría | | | Tiempo (min) |
|----|--|-----------|---------|---------|--------------|
| | | Interna | Externa | Tipo | |
| 1 | Regulación de barandas | X | | Ajustes | 50 |
| 2 | Regular altura del conveyor | X | | Ajustes | 30 |
| 3 | Regular la altura de la guía a la entrada del conveyor aéreo | X | | Ajustes | 12 |
| 4 | Regulación del sensor de transfer | X | | Ajustes | 10 |
| 5 | Guías de ltransportador aereo aerero | X | | Ajustes | 240 |

| | | | | | |
|-----------------------|----|---|---------------|-----|-----|
| Total Tiempos: | 92 | 0 | TOTAL: | 342 | min |
|-----------------------|----|---|---------------|-----|-----|

Tabla 19: Análisis de Preparación de la Etiquetadora. Situación Futura

| Nº | Actividad | Categoría | | | Tiempo (min) |
|-----------------------|---|-----------|---------|---------------|----------------|
| | | Interna | Externa | Tipo | |
| 1 | Cambiar tornillos sinfín con el tornillo del formato correspondiente | X | | Reemplazo | 40 |
| 2 | Regular el sensor de longitud de etiqueta según formato a envasar | X | | Ajustes | 7 |
| 3 | Calibrar faja de conducción de las botellas. Variar ancho y altura | X | | Ajustes | 35 |
| 4 | Ajustar los bigotes de la etiquetadora a la altura deseada según formato | X | | Ajustes | 19 |
| 5 | Regular la altura del horno de pre encogido. Según formato de botella | X | | Ajustes | 12 |
| 6 | Regular las toberas de vapor para cada formato de botella a envasar | X | | Ajustes | 40 |
| 7 | Ajustar la altura de las cuchillas de aire a la salida del túnel de vapor | X | | Ajustes | 8 |
| Total Tiempos: | | 161 | 0 | TOTAL: | 161 min |

Plan de Capacitación

En la Figura 48, se puede apreciar el Diagrama de Actividades actual para el cambio de formato; es notorio que actualmente no se aprovecha la capacidad de mano de obra disponible, ya que los operarios no son polivalentes, de esta manera se incurren en Horas Hombre y Horas Máquinas improductivas, es decir, no se aprovecha la capacidad disponible de los recursos y la eficiencia global se ve reducida.

Para este caso se plantea realizar capacitaciones para la operación de todas las máquinas involucradas en el cambio de formato, con el fin de que si un operario termina sus actividades correspondientes al cambio de formato en una máquina, pueda rotar a otra para reducir el tiempo del mismo. Con el mencionado plan de capacitación, los operarios tendrán las capacidades técnicas requeridas y podrán ser considerados como polifuncionales; esta mejora se verá reflejada en una reducción de 6 horas en el cambio de formato. A continuación se presenta el plan de capacitación a implementar en la empresa.

Plan de Capacitación

Objetivos:

Capacitar a todos los operarios de la planta, en todas las máquinas de la misma. Con el fin de que los operarios puedan rotar de máquinas o cambiar funciones. De esta manera se logrará minimizar tiempos en el cambio de formato.

Descripción:

El plan de capacitación se desarrollará en dos partes, charlas teóricas y prácticas, las cuales serán instruidas en dos grupos según el turno de trabajo.

| Actividades | Responsable | Tiempo |
|--|---|----------|
| Dictar charla teórica. En esta charla se hablará de cada una de las máquinas, sobre sus funciones y características. | Supervisor de planta | 2 horas |
| Dictar charla práctica, en cada una de las máquinas, se harán de manera presencial, una máquina por vez. | Líder de cada máquina | 2 horas |
| Pruebas de rotación de operarios en cada máquina con el fin de afianzar conocimientos en todas las máquinas. | Ssupervisor de planta y Líder de cada máquina | 10 horas |

Duración:

La duración total del plan de capacitación será de 14 horas. Estas horas de trabajo involucran cada una de las máquina, depaletizador, conveyor aéreo, triblock, etiquetadora, empacadora, barandas y cooler.

Estas 14 horas se distribuirán en 2 días por turno, como son dos turnos por día, la capacitación de todos los operarios tomará un promedio de 4 días.

Como se mencionó anteriormente, la mayor importancia del plan de capacitación radica en que los operarios de la planta sean polifuncionales, y se logre aumentar la cantidad de Horas Hombre y Horas Máquina productivas, por lo tanto, la eficiencia global de la planta.

Según las mejoras descritas anteriormente se logra reducir el tiempo de cambio de formato a 6 horas, es decir se logra reducir el tiempo al 52%. En la Figura 57 se puede apreciar el Diagrama Multi-Actividades de la situación futura del cambio de formato, el tiempo que antes se incurría para las actividades de cambio de formato, se utilizará para la producción de bebidas rehidratantes en cualquiera de las 2 presentaciones.

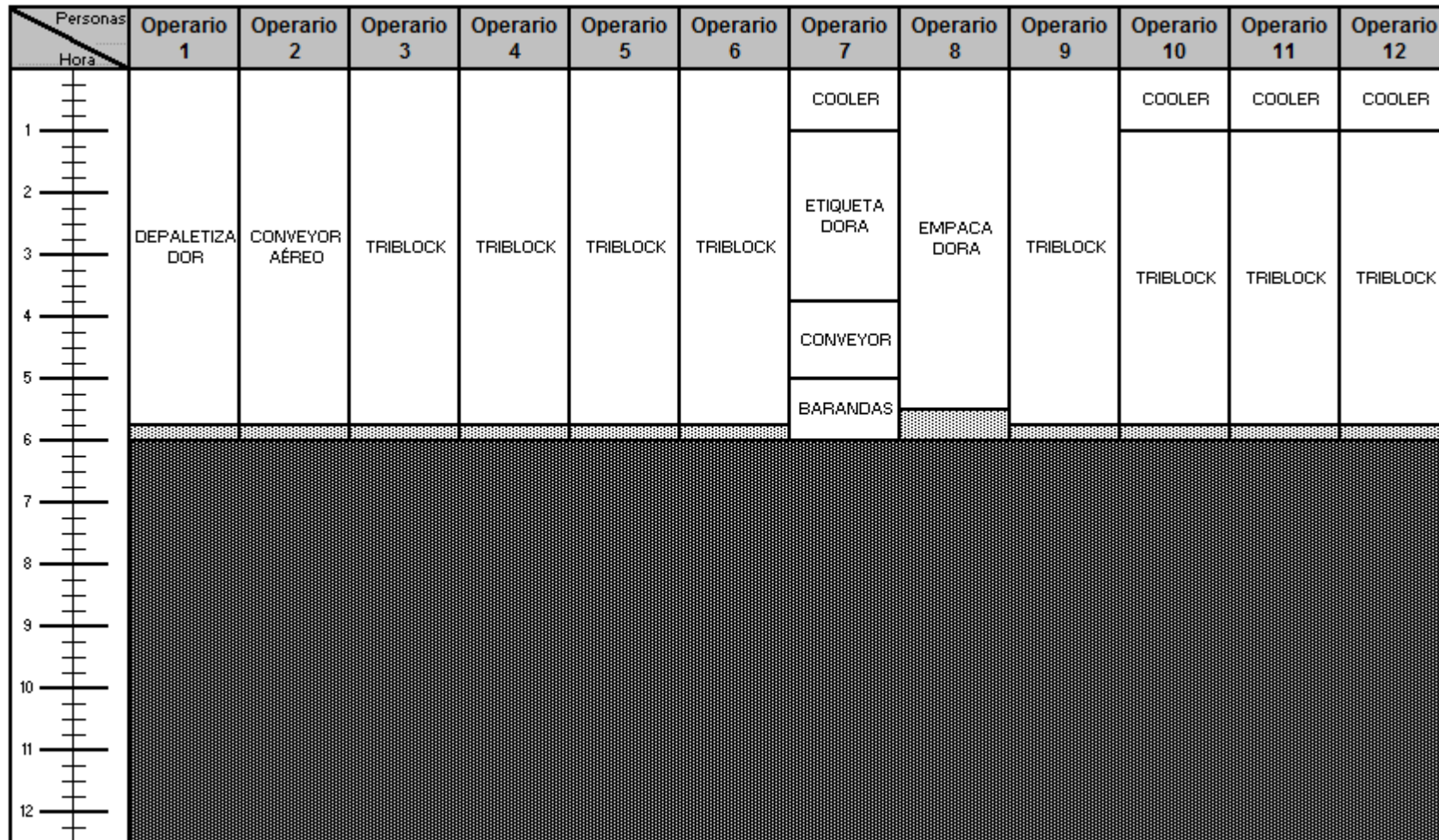


Figura 57: Diagrama Multi-Actividades Hombre-Máquina Situación Futura

4.1.3 Situación futura

Habiendo utilizado la herramienta de *Lean Manufacturing*: SMED, al analizar las tablas de preparación de las máquinas de la situación futura se puede apreciar que hay varios tiempos reducidos gracias a que se logró convertir actividades de preparación internas en externas; se reduce el tiempo de cambio de formato en 114 minutos, es decir una hora con 54 minutos. La propuesta que complementa a la anteriormente descrita es el plan de capacitación que tiene por objetivo formar operarios multifuncionales, de manera que las Horas Hombre improductivas se conviertan en productivas, y de esta manera se vea un aumento en ratios importantes como productividad y eficiencia de la planta. Actualmente el cambio de formato se realiza en 12 horas, es decir, un turno completo; la situación futura muestra un tiempo incurrido de 6 horas para el cambio de formato, mientras las otras 6 horas quedan disponibles para la producción.

Según las mejoras descritas anteriormente, es decir, la eliminación de tiempos de traslado, las marcas en los sensores y equipos para el ajuste de las alturas, y el plan de capacitación, se logra reducir el tiempo de cambio de formato a 6 horas, es decir se logra reducir el tiempo actual incurrido al 52%. La importancia de esta reducción de tiempo radica en que ahora se tendrán mayores horas disponibles para la producción de bebidas rehidratantes y se podrá cubrir una parte de demanda no satisfecha, la cual aumenta en las épocas de verano; al llevar una adecuada planificación de la producción, se podrá aprovechar al máximo la capacidad disponible de la planta para poder colocar mayores productos en el mercado, y por lo tanto, generar mayores ingresos por ventas.

4.2 Herramienta para la mejora: Límites de control

En el punto 4.1 se planteó las mejoras que permitan la generación de menor cantidad de desperdicios, tales como tiempo, reprocesos, mermas, etc. El siguiente paso es el aseguramiento de dichas mejoras mediante el control de calidad, en este caso, con límites de control para las mermas observadas durante el proceso productivo.

El control estadístico se refiere al conjunto de técnicas y herramientas para medir y controlar el desempeño de los procesos, las variables más importantes pueden ser: producción, mermas, reprocesos, errores, productos aceptados y rechazados, entre otros. (García, 2010)

En los Gráficos de Control, tal como se muestra en la Figura 58, deben establecerse límites de control mínimos y máximos, los cuales se calculan de la siguiente manera:

- Límite de Control Superior

$$LCS = \text{Esperado } (x) + K \text{ Desviación estándar } (x)$$
- Límite de Control Inferior

$$LCI = \text{Esperado } (x) - K \text{ Desviación estándar } (x)$$

*Generalmente se utiliza $K = 3$

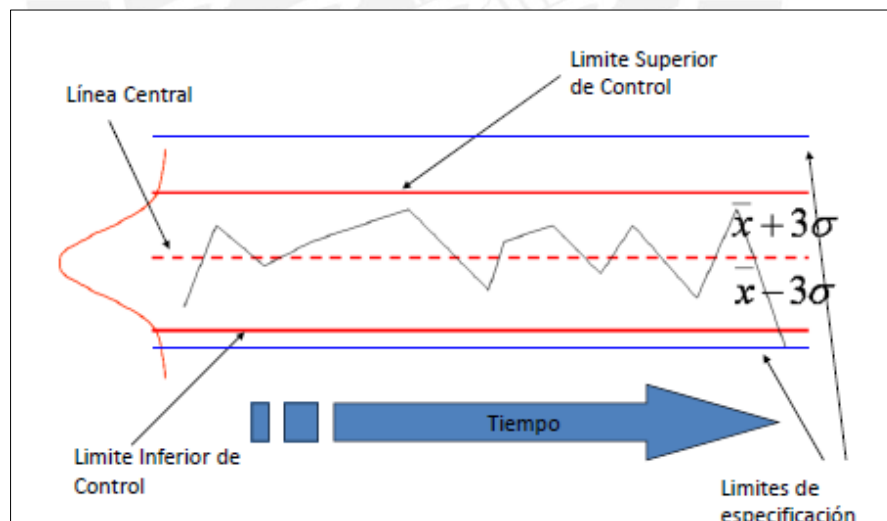


Figura 58: Gráfico de Control

Fuente: García, 2010

4.2.1 Situación actual

Para la construcción de las gráficas de control de las mermas presentadas durante el proceso productivo, el procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Definir una característica de la calidad, en este caso son las mermas de botellas, tapas, y etiquetas del proceso de producción.
2. Realizar una prueba de normalidad para los datos de la muestra de las mermas en las botellas, tapas, y etiquetas de la presentación de 500 y 750 ml. El método a utilizar es la prueba Anderson-Darling.
3. Utilizar un gráfico de control de valores individuales el cual presente los límites de control superior e inferior para la situación actual del proceso productivo.

Presentación de 500 ml: Para este caso se tomó de base una muestra de 60 lotes de producción, la cual se muestra en la Tabla 20, para las mermas de botellas, tapas, y etiquetas.

Tabla 20: Muestra para la presentación de 500 ml

| N° | SABOR | PRODUCCIÓN (Und) | BOTELLAS | | TAPAS | | ETIQUETAS | |
|----|-----------|------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | | USADO | MERMA | USADO | MERMA | USADO | MERMA |
| 1 | Mora azul | 148,152 | 151,072 | 1.93% | 149,932 | 1.19% | 149,918 | 1.18% |
| 2 | Maracuya | 149,606 | 153,920 | 2.80% | 153,020 | 2.23% | 152,106 | 1.64% |
| 3 | Tropical | 869,820 | 908,254 | 4.23% | 897,835 | 3.12% | 890,962 | 2.37% |
| 4 | Mandarina | 119,410 | 123,015 | 2.93% | 121,765 | 1.93% | 121,685 | 1.87% |
| 5 | Manzana | 148,570 | 152,407 | 2.52% | 152,390 | 2.51% | 150,833 | 1.50% |
| 6 | Mandarina | 148,781 | 154,903 | 3.95% | 153,260 | 2.92% | 152,711 | 2.57% |
| 7 | Maracuya | 89,023 | 90,560 | 1.70% | 90,187 | 1.29% | 90,048 | 1.14% |
| 8 | Mora azul | 134,645 | 138,765 | 2.97% | 137,300 | 1.93% | 136,734 | 1.53% |
| 9 | Tropical | 268,579 | 273,807 | 1.91% | 275,324 | 2.45% | 274,480 | 2.15% |
| 10 | Mandarina | 238,384 | 240,975 | 1.08% | 240,900 | 1.04% | 241,487 | 1.28% |
| 11 | Tropical | 629,685 | 651,905 | 3.41% | 647,841 | 2.80% | 648,515 | 2.90% |
| 12 | Mandarina | 270,107 | 275,160 | 1.84% | 274,250 | 1.51% | 273,403 | 1.21% |
| 13 | Tropical | 301,404 | 308,030 | 2.15% | 305,750 | 1.42% | 308,574 | 2.32% |
| 14 | Manzana | 273,477 | 280,480 | 2.50% | 278,642 | 1.85% | 281,695 | 2.92% |
| 15 | Tropical | 361,964 | 370,510 | 2.31% | 366,358 | 1.20% | 372,084 | 2.72% |
| 16 | Mora azul | 150,332 | 151,972 | 1.08% | 152,327 | 1.31% | 154,661 | 2.80% |
| 17 | Uva | 149,203 | 154,370 | 3.35% | 153,645 | 2.89% | 151,703 | 1.65% |
| 18 | Tropical | 301,495 | 313,345 | 3.78% | 307,790 | 2.05% | 305,264 | 1.23% |
| 19 | Mandarina | 483,240 | 498,955 | 3.15% | 489,600 | 1.30% | 488,920 | 1.16% |
| 20 | Maracuya | 150,762 | 153,285 | 1.65% | 153,084 | 1.52% | 153,117 | 1.54% |

| N° | SABOR | PRODUCCIÓN (Und) | BOTELLAS | | TAPAS | | ETIQUETAS | |
|----|-----------|---------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | | USADO | MERMA | USADO | MERMA | USADO | MERMA |
| 21 | Tropical | 482,144 | 497,935 | 3.17% | 491,900 | 1.98% | 491,636 | 1.93% |
| 22 | Manzana | 149,182 | 154,923 | 3.71% | 151,345 | 1.43% | 154,078 | 3.18% |
| 23 | Tropical | 89,086 | 90,705 | 1.78% | 90,455 | 1.51% | 91,729 | 2.88% |
| 24 | Tropical | 449,774 | 461,918 | 2.63% | 457,835 | 1.76% | 461,975 | 2.64% |
| 25 | Mora azul | 178,434 | 180,668 | 1.24% | 180,903 | 1.36% | 181,761 | 1.83% |
| 26 | Maracuya | 147,784 | 151,121 | 2.21% | 150,562 | 1.85% | 149,964 | 1.45% |
| 27 | Mandarina | 330,550 | 342,714 | 3.55% | 338,318 | 2.30% | 339,678 | 2.69% |
| 28 | Tropical | 749,438 | 779,355 | 3.84% | 770,520 | 2.74% | 768,901 | 2.53% |
| 29 | Manzana | 301,013 | 310,400 | 3.02% | 305,089 | 1.34% | 307,952 | 2.25% |
| 30 | Mandarina | 300,161 | 312,405 | 3.92% | 303,653 | 1.15% | 307,813 | 2.49% |
| 31 | Tropical | 451,016 | 460,931 | 2.15% | 460,398 | 2.04% | 464,806 | 2.97% |
| 32 | Manzana | 301,044 | 305,681 | 1.52% | 304,763 | 1.22% | 305,210 | 1.36% |
| 33 | Mora azul | 149,248 | 152,970 | 2.43% | 151,831 | 1.70% | 152,588 | 2.19% |
| 34 | Tropical | 478,145 | 492,390 | 2.89% | 489,703 | 2.36% | 488,186 | 2.06% |
| 35 | Tropical | 298,932 | 306,755 | 2.55% | 304,978 | 1.98% | 307,679 | 2.84% |
| 36 | Mandarina | 271,398 | 276,865 | 1.97% | 278,815 | 2.66% | 276,310 | 1.78% |
| 37 | Tropical | 449,774 | 468,018 | 3.90% | 460,835 | 2.40% | 459,075 | 2.03% |
| 38 | Mora azul | 178,434 | 184,368 | 3.22% | 183,065 | 2.53% | 182,061 | 1.99% |
| 39 | Maracuya | 147,784 | 152,081 | 2.83% | 151,862 | 2.69% | 151,714 | 2.59% |
| 40 | Mandarina | 330,550 | 340,714 | 2.98% | 338,918 | 2.47% | 339,568 | 2.66% |
| 41 | Tropical | 749,438 | 775,955 | 3.42% | 769,223 | 2.57% | 765,514 | 2.10% |
| 42 | Manzana | 301,013 | 308,401 | 2.40% | 307,089 | 1.98% | 308,040 | 2.28% |
| 43 | Mandarina | 300,315 | 307,319 | 2.28% | 305,956 | 1.84% | 304,861 | 1.49% |
| 44 | Tropical | 599,843 | 615,332 | 2.52% | 609,160 | 1.53% | 607,754 | 1.30% |
| 45 | Tropical | 207,353 | 212,965 | 2.64% | 211,357 | 1.89% | 210,935 | 1.70% |
| 46 | Mora azul | 148,722 | 154,508 | 3.74% | 151,864 | 2.07% | 152,445 | 2.44% |
| 47 | Maracuya | 149,084 | 152,827 | 2.45% | 151,966 | 1.90% | 152,077 | 1.97% |
| 48 | Mora azul | 150,332 | 156,272 | 3.80% | 153,527 | 2.08% | 154,020 | 2.39% |
| 49 | Uva | 149,203 | 154,570 | 3.47% | 152,645 | 2.25% | 153,203 | 2.61% |
| 50 | Tropical | 301,495 | 308,145 | 2.16% | 306,951 | 1.78% | 307,684 | 2.01% |
| 51 | Mandarina | 483,240 | 501,655 | 3.67% | 496,608 | 2.69% | 495,247 | 2.42% |
| 52 | Maracuya | 150,762 | 154,985 | 2.72% | 154,203 | 2.23% | 154,097 | 2.16% |
| 53 | Tropical | 482,144 | 491,035 | 1.81% | 489,387 | 1.48% | 487,436 | 1.09% |
| 54 | Mandarina | 270,107 | 281,063 | 3.90% | 278,250 | 2.93% | 277,805 | 2.77% |
| 55 | Tropical | 301,404 | 307,035 | 1.83% | 305,390 | 1.31% | 305,525 | 1.35% |
| 56 | Manzana | 273,477 | 279,981 | 2.32% | 278,642 | 1.85% | 278,785 | 1.90% |
| 57 | Tropical | 361,964 | 367,510 | 1.51% | 366,831 | 1.33% | 372,434 | 2.81% |
| 58 | Tropical | 300,279 | 312,897 | 4.03% | 309,078 | 2.85% | 307,525 | 2.36% |
| 59 | Manzana | 149,182 | 153,297 | 2.68% | 150,945 | 1.17% | 153,408 | 2.75% |
| 60 | Tropical | 89,086 | 91,605 | 2.75% | 90,955 | 2.05% | 90,689 | 1.77% |

Fuente: La empresa
Elaboración propia

En la Figura 59 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de botellas de 500 ml, dado que el Pvalue = 0.341 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

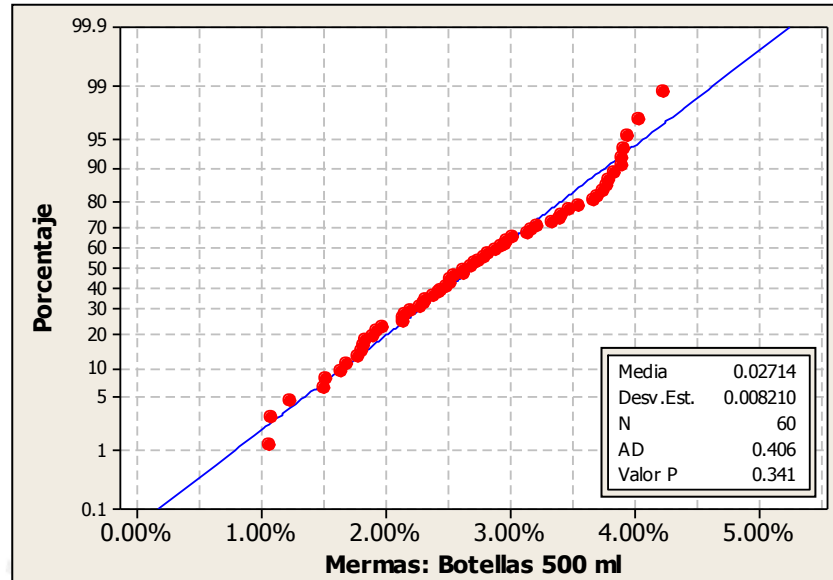


Figura 59: Prueba de normalidad para las botellas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 60 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las botellas de 500 ml, en este caso el LCS es 5.43% y el LCI, 0.00%; sin embargo para la producción de bebidas rehidratantes (consumo masivo) el valor del LCS es bastante elevado, cabe destacar que en la muestra tomada todos los puntos están dentro de control.

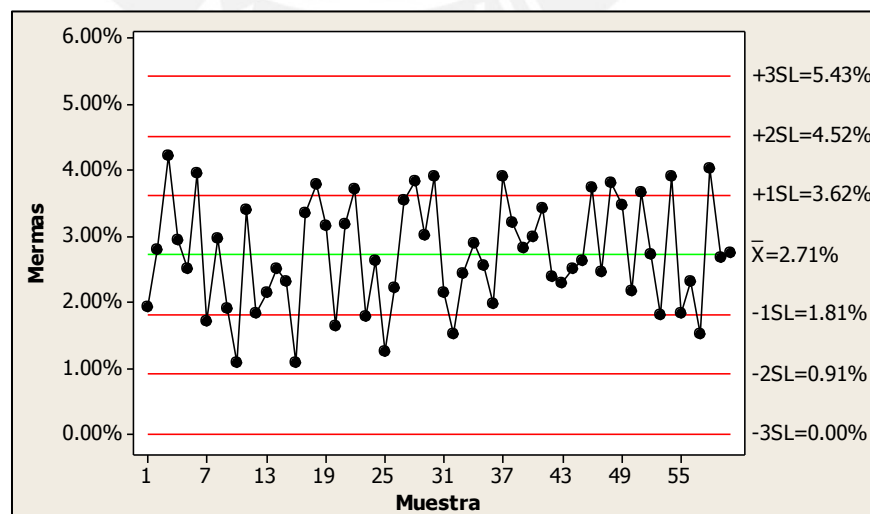


Figura 60: Límites de control para las mermas de las botellas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 61 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de tapas de 500 ml, dado que el Pvalue = 0.055 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

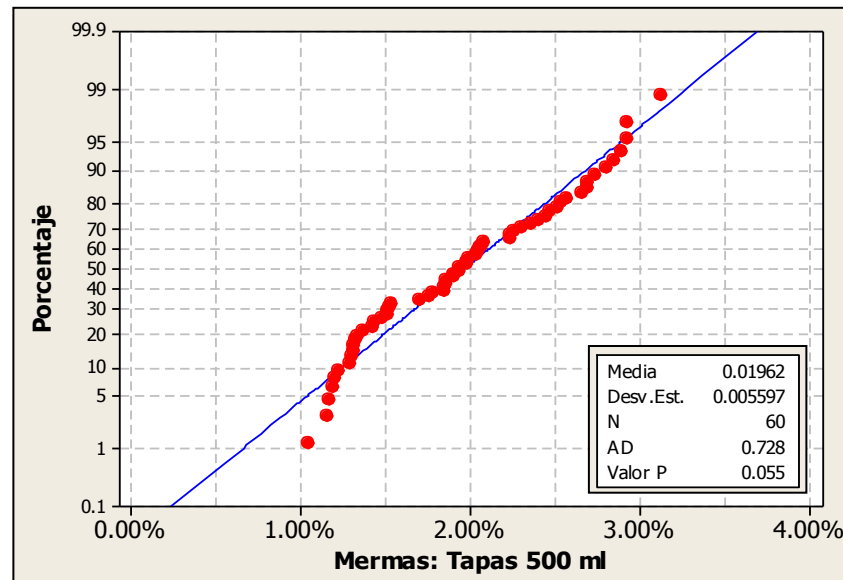


Figura 61: Prueba de normalidad para las tapas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 62 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las botellas de 500 ml, en este caso el LCS es 3.70% y el LCI, 0.23%; en este caso todos los puntos están dentro de control.

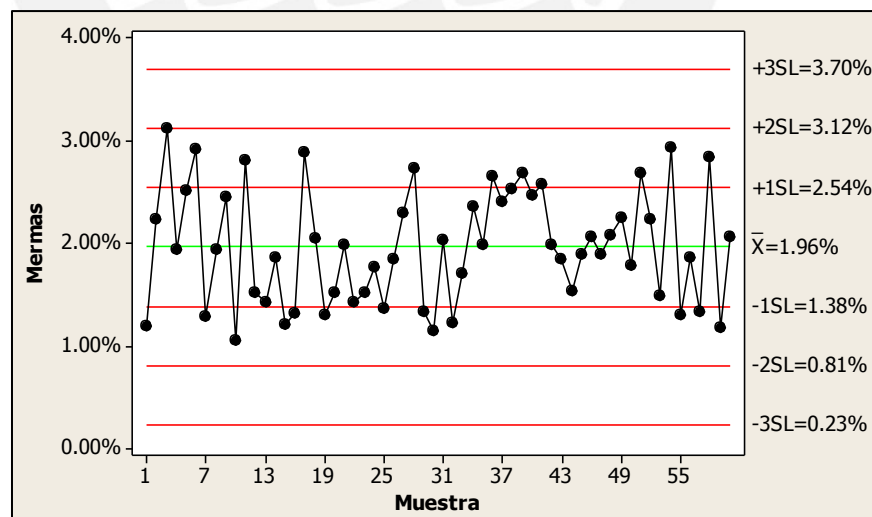


Figura 62: Límites de control para las mermas de las tapas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 63 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de etiquetas de 500 ml, dado que el Pvalue = 0.060 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

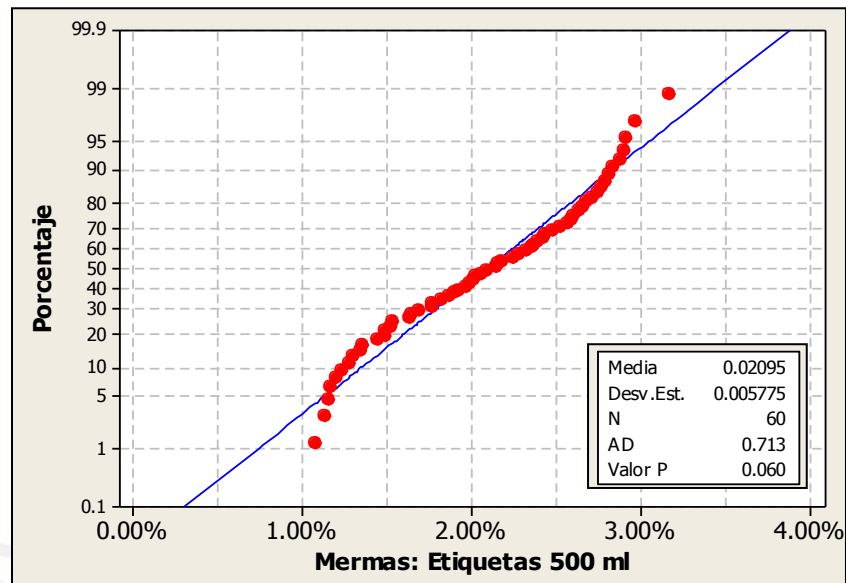


Figura 63: Prueba de normalidad para las etiquetas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 64 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las etiquetas de 500 ml, en este caso el LCS es 3.79% y el LCI, 0.40%; en la muestra tomada todos los puntos están dentro de control.

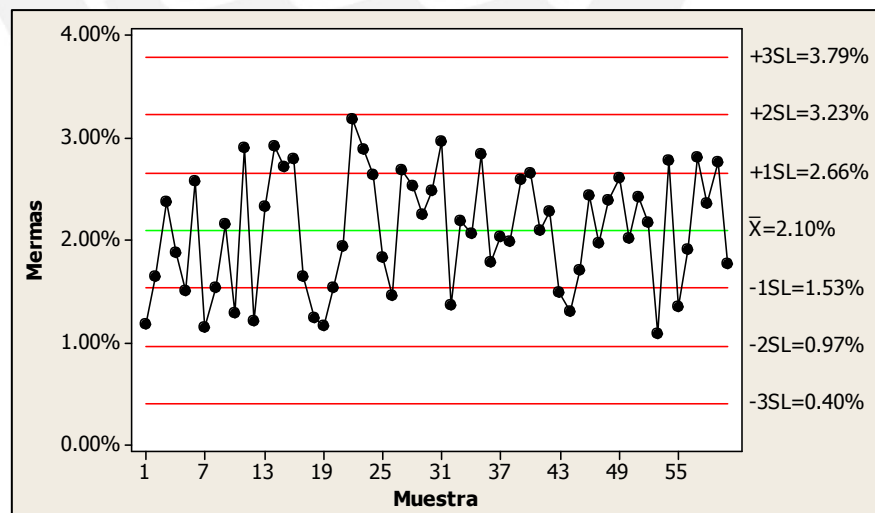


Figura 64: Límites de control para las mermas de las etiquetas de 500 ml
Elaboración propia

Presentación de 750 ml: Para este caso se tomó de base una muestra de 50 lotes de producción, la cual se muestra en la Tabla 21, para las mermas de botellas, tapas, y etiquetas.

Tabla 21: Muestra para la presentación de 500 ml

| N° | SABOR | PRODUCCIÓN (Und) | BOTELLAS | | TAPAS | | ETIQUETAS | |
|----|-----------|---------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | | USADO | MERMA | USADO | MERMA | USADO | MERMA |
| 1 | Manzana | 55,838 | 57,520 | 2.92% | 57,583 | 3.03% | 57,496 | 2.88% |
| 2 | Mandarina | 115,660 | 119,536 | 3.24% | 117,295 | 1.39% | 118,076 | 2.05% |
| 3 | Tropical | 34,451 | 35,902 | 4.04% | 35,746 | 3.62% | 35,211 | 2.16% |
| 4 | Tropical | 69,636 | 72,862 | 4.43% | 72,106 | 3.43% | 71,953 | 3.22% |
| 5 | Manzana | 38,040 | 39,368 | 3.37% | 39,250 | 3.08% | 38,798 | 1.95% |
| 6 | Mandarina | 29,115 | 30,105 | 3.29% | 29,681 | 1.91% | 29,502 | 1.31% |
| 7 | Tropical | 77,822 | 79,358 | 1.94% | 79,761 | 2.43% | 78,693 | 1.11% |
| 8 | Manzana | 58,162 | 59,750 | 2.66% | 59,461 | 2.18% | 59,307 | 1.93% |
| 9 | Mandarina | 136,330 | 140,864 | 3.22% | 140,207 | 2.77% | 139,516 | 2.28% |
| 10 | Tropical | 119,889 | 122,316 | 1.98% | 121,759 | 1.54% | 121,832 | 1.59% |
| 11 | Manzana | 100,673 | 102,952 | 2.21% | 102,159 | 1.45% | 102,008 | 1.31% |
| 12 | Mandarina | 59,656 | 60,543 | 1.47% | 60,921 | 2.08% | 60,723 | 1.76% |
| 13 | Tropical | 77,692 | 79,362 | 2.10% | 79,512 | 2.29% | 79,824 | 2.67% |
| 14 | Tropical | 380,393 | 389,492 | 2.34% | 387,103 | 1.73% | 386,236 | 1.51% |
| 15 | Mandarina | 243,056 | 249,381 | 2.54% | 248,967 | 2.37% | 248,593 | 2.23% |
| 16 | Tropical | 277,744 | 285,350 | 2.67% | 286,027 | 2.90% | 285,946 | 2.87% |
| 17 | Mandarina | 116,374 | 119,456 | 2.58% | 118,763 | 2.01% | 120,538 | 3.45% |
| 18 | Manzana | 118,715 | 123,604 | 3.96% | 121,896 | 2.61% | 122,106 | 2.78% |
| 19 | Tropical | 99,072 | 101,456 | 2.35% | 100,253 | 1.18% | 100,361 | 1.28% |
| 20 | Tropical | 176,910 | 181,942 | 2.77% | 178,965 | 1.15% | 179,763 | 1.59% |
| 21 | Mandarina | 180,689 | 186,967 | 3.36% | 185,139 | 2.40% | 185,315 | 2.50% |
| 22 | Manzana | 100,199 | 102,758 | 2.49% | 102,039 | 1.80% | 101,864 | 1.63% |
| 23 | Tropical | 459,702 | 470,596 | 2.31% | 466,902 | 1.54% | 467,294 | 1.62% |
| 24 | Mandarina | 100,144 | 104,206 | 3.90% | 102,985 | 2.76% | 103,218 | 2.98% |
| 25 | Manzana | 59,724 | 61,953 | 3.60% | 61,508 | 2.90% | 61,379 | 2.70% |
| 26 | Tropical | 298,491 | 308,951 | 3.39% | 306,831 | 2.72% | 306,512 | 2.62% |
| 27 | Mandarina | 200,545 | 203,872 | 1.63% | 202,963 | 1.19% | 203,056 | 1.24% |
| 28 | Manzana | 120,204 | 124,651 | 3.57% | 123,981 | 3.05% | 122,196 | 1.63% |
| 29 | Tropical | 130,539 | 134,502 | 2.95% | 133,542 | 2.25% | 133,962 | 2.56% |
| 30 | Tropical | 267,143 | 275,354 | 2.98% | 274,850 | 2.80% | 273,744 | 2.41% |
| 31 | Mandarina | 146,394 | 149,286 | 1.94% | 148,512 | 1.43% | 149,054 | 1.78% |
| 32 | Apple Ice | 148,315 | 153,426 | 3.33% | 150,763 | 1.62% | 150,915 | 1.72% |
| 33 | Tropical | 102,052 | 104,127 | 1.99% | 103,250 | 1.16% | 103,978 | 1.85% |
| 34 | Tropical | 165,893 | 171,952 | 3.52% | 170,543 | 2.73% | 170,403 | 2.65% |
| 35 | Mandarina | 170,685 | 175,383 | 2.68% | 173,987 | 1.90% | 174,682 | 2.29% |

| N° | SABOR | PRODUCCIÓN (Und) | BOTELLAS | | TAPAS | | ETIQUETAS | |
|----|-----------|------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | | USADO | MERMA | USADO | MERMA | USADO | MERMA |
| 36 | Apple Ice | 104,187 | 108,168 | 3.68% | 106,347 | 2.03% | 106,782 | 2.43% |
| 37 | Tropical | 461,776 | 470,243 | 1.80% | 467,945 | 1.32% | 468,462 | 1.43% |
| 38 | Mandarina | 103,239 | 106,013 | 2.62% | 105,713 | 2.34% | 105,628 | 2.26% |
| 39 | Apple Ice | 67,492 | 69,481 | 2.86% | 68,526 | 1.51% | 68,844 | 1.96% |
| 40 | Tropical | 289,453 | 301,725 | 4.07% | 297,789 | 2.80% | 298,491 | 3.03% |
| 41 | Mandarina | 169,528 | 174,864 | 3.05% | 172,463 | 1.70% | 171,493 | 1.15% |
| 42 | Apple ice | 145,201 | 149,475 | 2.86% | 147,814 | 1.77% | 147,235 | 1.38% |
| 43 | Tropical | 121,584 | 123,467 | 1.53% | 122,976 | 1.13% | 123,989 | 1.94% |
| 44 | Tropical | 317,753 | 324,980 | 2.22% | 325,913 | 2.50% | 325,753 | 2.46% |
| 45 | Mandarina | 119,584 | 123,914 | 3.49% | 122,857 | 2.66% | 122,095 | 2.06% |
| 46 | Tropical | 198,925 | 202,404 | 1.72% | 201,408 | 1.23% | 202,598 | 1.81% |
| 47 | Tropical | 145,913 | 151,418 | 3.64% | 150,343 | 2.95% | 149,781 | 2.58% |
| 48 | Mandarina | 210,684 | 215,394 | 2.19% | 214,887 | 1.96% | 213,989 | 1.54% |
| 49 | Apple Ice | 183,196 | 186,965 | 2.02% | 185,937 | 1.47% | 185,652 | 1.32% |
| 50 | Tropical | 431,708 | 449,247 | 3.90% | 443,981 | 2.76% | 441,062 | 2.12% |

Fuente: La empresa
Elaboración propia

En la Figura 65 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de botellas de 750 ml, dado que el Pvalue = 0.480 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

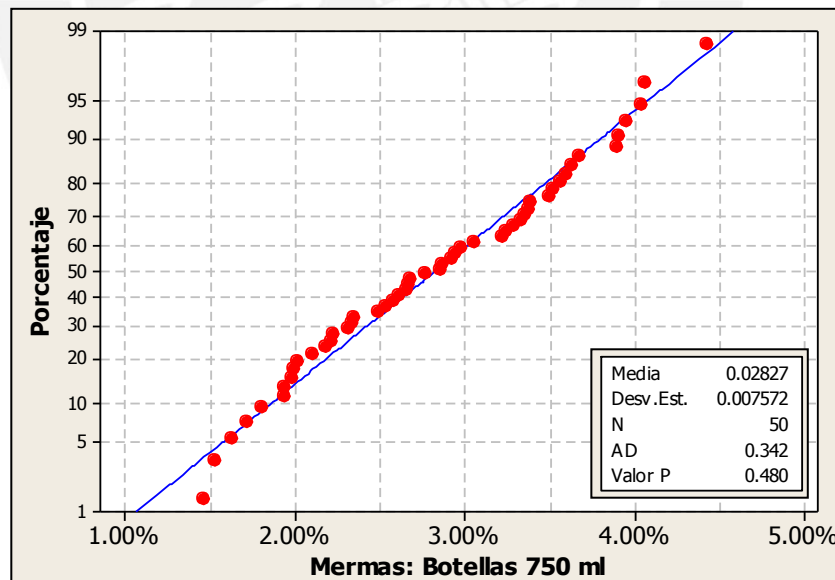


Figura 65: Prueba de normalidad para las botellas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 66 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las botellas de 750 ml, en este caso el LCS es 5.18% y el LCI, 0.48%; adicionalmente notamos que en la muestra tomada todos los puntos están dentro de control.

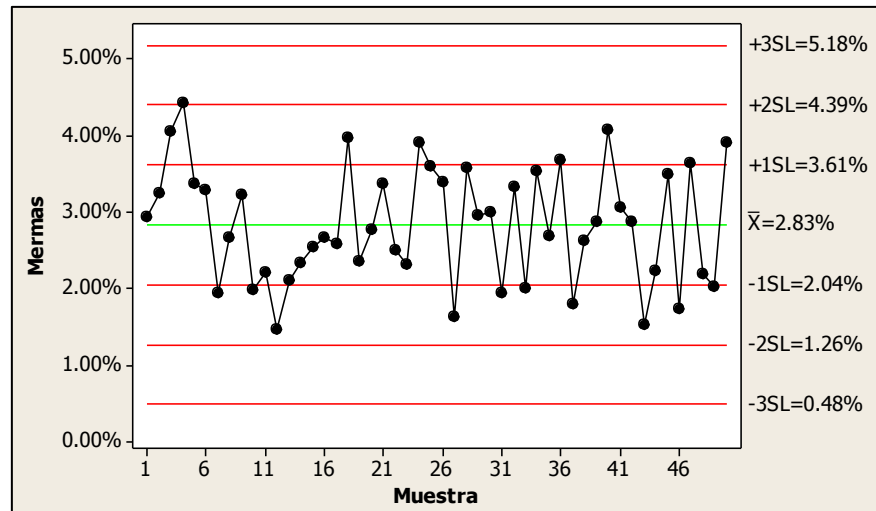


Figura 66: Límites de control para las mermas de las botellas de 750 ml
Elaboración propia

En la Figura 67 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de tapas de 750 ml, dado que el Pvalue = 0.061 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

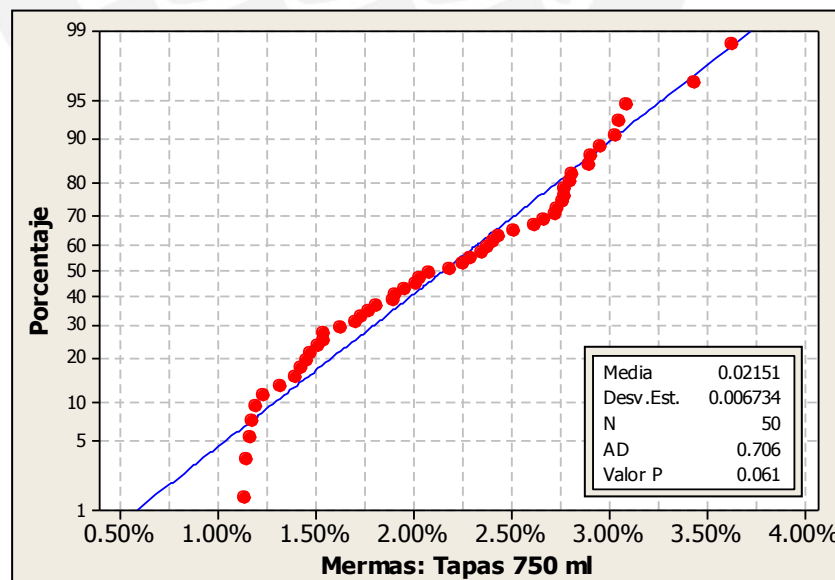


Figura 67: Prueba de normalidad para las tapas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 68 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las tapas de 750 ml, en este caso el LCS es 4.31% y el LCI, 0.01%; en la muestra tomada todos los puntos están dentro de control.

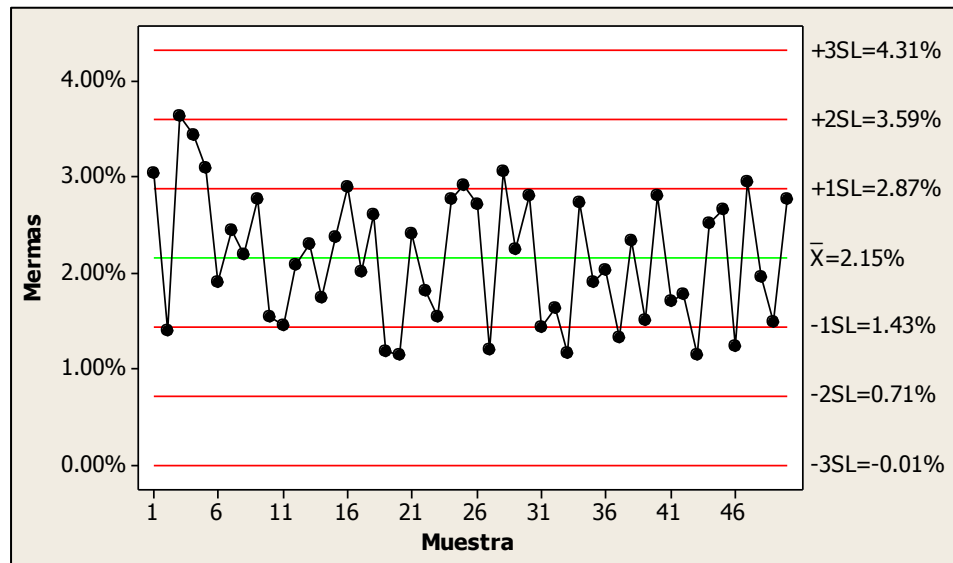


Figura 68: Límites de control para las mermas de las tapas de 750 ml
Elaboración propia

En la Figura 69 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de etiquetas de 750 ml, dado que el Pvalue = 0.35 > 0.05, se puede concluir que los datos son normales.

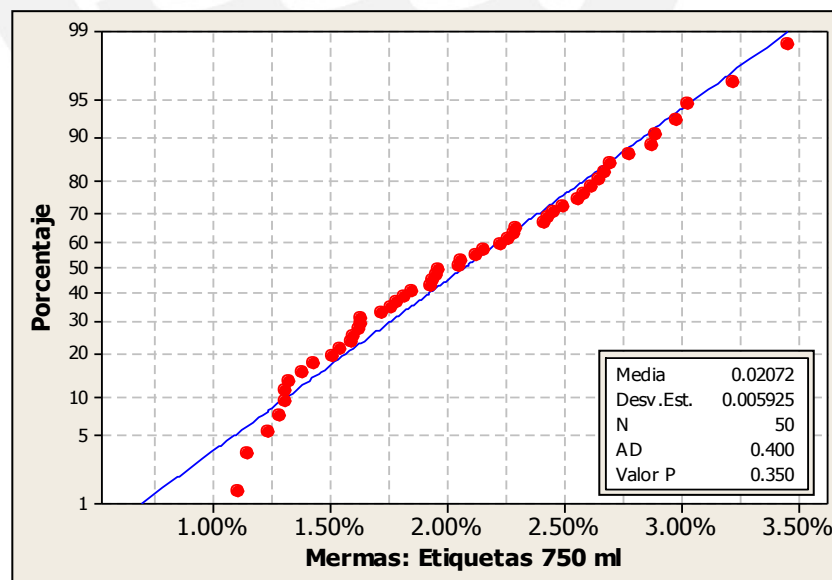


Figura 69: Prueba de normalidad para las etiquetas de 500 ml
Elaboración propia

En la Figura 70 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas de las etiquetas de 750 ml, en este caso el LCS es 3.78% y el LCI, 0.36%; todos los puntos están dentro de control.

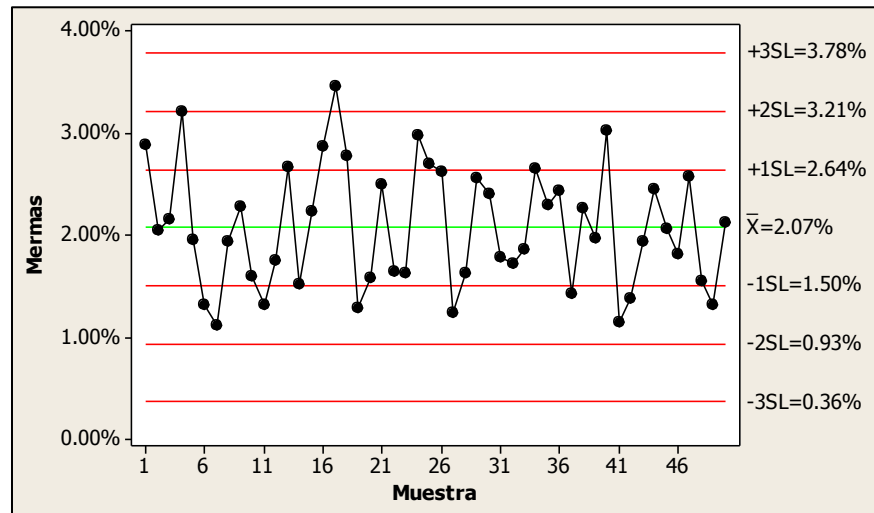


Figura 70: Límites de control para las mermas de las etiquetas de 750 ml
Elaboración propia

En la Tabla 22 se presenta un resumen del promedio de las mermas de botellas, tapas, y etiquetas para las presentaciones de 500 ml y 750 ml. En ambos casos, las botellas presentan el mayor promedio de mermas; mientras que las tapas y etiquetas muestran un promedio similar de mermas.

Tabla 22: Resumen del promedio de mermas

| Recurso | Presentación | |
|-----------|--------------|--------|
| | 500 ml | 750 ml |
| Botellas | 2.71% | 2.83% |
| Tapas | 1.96% | 2.15% |
| Etiquetas | 2.10% | 2.07% |

Elaboración propia

4.2.2 Propuesta de límites de control

Como se explicó anteriormente, una de las causas de la variabilidad y alto porcentaje de mermas de las etiquetas se debe a que se ha detectado que los pesos no son estándares para los conos y las etiquetas. Las etiquetas para las botellas de 500 ml y 750 ml vienen en bobinas las cuales, según datos del proveedor, deberían tener las siguientes características:

- Peso total: 6 kg
- Peso cono: 0.3 kg
- Peso etiquetas: 5.7 kg
- Número etiquetas: 5000 unidades

Cuando el proveedor entrega las bobinas, se realiza un pesaje previo a la producción el cual es siempre 6 kg; sin embargo, el problema no radica en el peso total (que se mantiene constante), si no en el peso del cono y/o las etiquetas. En la Tabla 23 se presenta los pesos del cono, las etiquetas, el número de las mismas y su diferencia respecto al estándar, para 61 muestras de producción

Tabla 23: Muestra de las bobinas de etiquetas

| N° | Peso De Cono (Kg) | Peso De Etiquetas (Kg) | # Etiquetas | Diferencia |
|----|-------------------|------------------------|-------------|------------|
| 1 | 0.311 | 0.00114 | 4990 | 10 |
| 2 | 0.313 | 0.00114 | 4988 | 12 |
| 3 | 0.381 | 0.00116 | 4843 | 157 |
| 4 | 0.387 | 0.00118 | 4756 | 244 |
| 5 | 0.262 | 0.00114 | 5033 | -33 |
| 6 | 0.265 | 0.00114 | 5030 | -30 |
| 7 | 0.376 | 0.00115 | 4890 | 110 |
| 8 | 0.268 | 0.00114 | 5028 | -28 |
| 9 | 0.269 | 0.00115 | 4983 | 17 |
| 10 | 0.278 | 0.00114 | 5019 | -19 |
| 11 | 0.374 | 0.00113 | 4978 | 22 |
| 12 | 0.309 | 0.00115 | 4948 | 52 |
| 13 | 0.305 | 0.00115 | 4952 | 48 |
| 14 | 0.263 | 0.00114 | 5032 | -32 |
| 15 | 0.311 | 0.00115 | 4946 | 54 |

Fuente: La empresa
Elaboración propia

| N° | Peso De Cono (Kg) | Peso De Etiquetas (Kg) | # Etiquetas | Diferencia |
|----|-------------------|------------------------|-------------|------------|
| 16 | 0.306 | 0.00114 | 4994 | 6 |
| 17 | 0.390 | 0.00114 | 4921 | 79 |
| 18 | 0.310 | 0.00114 | 4991 | 9 |
| 19 | 0.311 | 0.00115 | 4946 | 54 |
| 20 | 0.305 | 0.00113 | 5039 | -39 |
| 21 | 0.380 | 0.00114 | 4929 | 71 |
| 22 | 0.280 | 0.00114 | 5017 | -17 |
| 23 | 0.310 | 0.00114 | 4991 | 9 |
| 24 | 0.315 | 0.00115 | 4943 | 57 |
| 25 | 0.375 | 0.00114 | 4934 | 66 |
| 26 | 0.310 | 0.00114 | 4991 | 9 |
| 27 | 0.375 | 0.00114 | 4934 | 66 |
| 28 | 0.310 | 0.00114 | 4991 | 9 |
| 29 | 0.312 | 0.00114 | 4989 | 11 |
| 30 | 0.265 | 0.00113 | 5075 | -75 |
| 31 | 0.393 | 0.00114 | 4918 | 82 |
| 32 | 0.303 | 0.00115 | 4953 | 47 |
| 33 | 0.298 | 0.00116 | 4915 | 85 |
| 34 | 0.3801 | 0.00118 | 4762 | 238 |
| 35 | 0.306 | 0.00115 | 4951 | 49 |
| 36 | 0.264 | 0.00113 | 5076 | -76 |
| 37 | 0.388 | 0.00115 | 4880 | 120 |
| 38 | 0.267 | 0.00113 | 5073 | -73 |
| 39 | 0.388 | 0.00115 | 4880 | 120 |
| 40 | 0.262 | 0.00114 | 5033 | -33 |
| 41 | 0.261 | 0.00114 | 5034 | -34 |
| 42 | 0.392 | 0.00114 | 4919 | 81 |
| 43 | 0.302 | 0.00114 | 4998 | 2 |
| 44 | 0.266 | 0.00114 | 5029 | -29 |
| 45 | 0.378 | 0.00113 | 4975 | 25 |
| 46 | 0.260 | 0.00113 | 5079 | -79 |
| 47 | 0.385 | 0.00113 | 4969 | 31 |
| 48 | 0.380 | 0.00113 | 4973 | 27 |
| 49 | 0.280 | 0.00114 | 5017 | -17 |
| 50 | 0.305 | 0.00113 | 5039 | -39 |
| 51 | 0.385 | 0.00115 | 4882 | 118 |
| 52 | 0.390 | 0.00113 | 4964 | 36 |
| 53 | 0.300 | 0.00113 | 5044 | -44 |
| 54 | 0.385 | 0.00114 | 4925 | 75 |
| 55 | 0.330 | 0.00113 | 5017 | -17 |
| 56 | 0.385 | 0.00113 | 4969 | 31 |
| 57 | 0.375 | 0.00115 | 4891 | 109 |
| 58 | 0.391 | 0.00114 | 4920 | 80 |
| 59 | 0.376 | 0.00114 | 4933 | 67 |
| 60 | 0.276 | 0.00115 | 4977 | 23 |
| 61 | 0.380 | 0.00109 | 5155 | -155 |

En la Figura 71 se presenta la gráfica de control de valores individuales para el número de etiquetas de las bobinas, en este caso el LCS es 5188 y el LCI, 4754 unidades; todos los puntos están dentro de control, sin embargo, la desviación estándar es de 70.7 unidades, además se observa que hay diferencias hasta de 244 etiquetas menos del estándar ofrecido por el proveedor (5000 etiquetas) lo cual ocasiona errores tanto en la planificación de la producción como en el control estadístico de mermas.

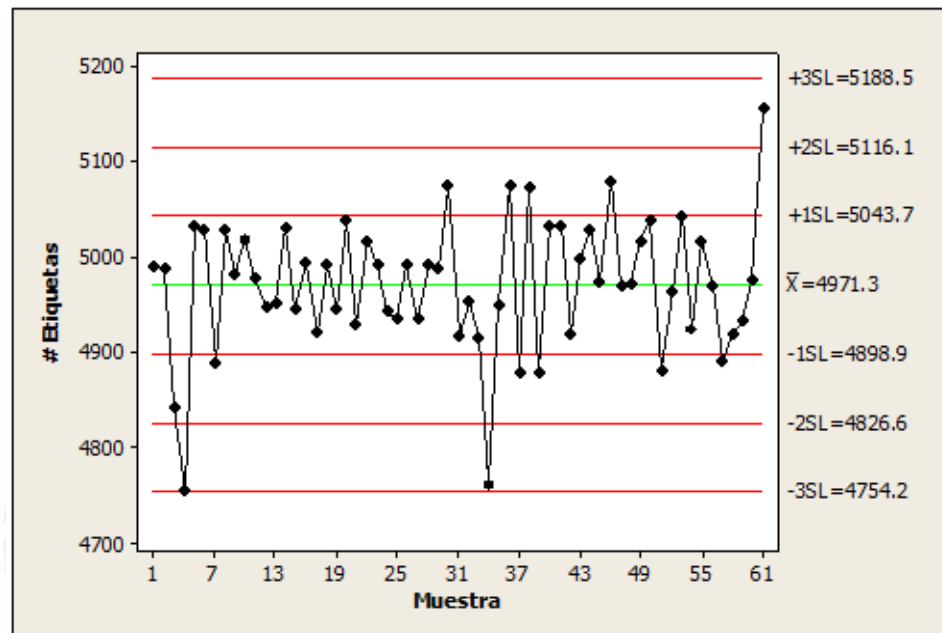


Figura 71: Límites de control para el número de etiquetas
Elaboración propia

Ante esta situación, se propone establecer un control de calidad el cual consiste en un pesaje del cono una vez utilizada la bobina de etiquetas; el objetivo de esta actividad será verificar la información de las características proporcionadas por el proveedor.

Se deberán fijar políticas con el proveedor, de manera que solo se acepte un 1% de desviación en el número de etiquetas, es decir, cada bobina deberá contener entre 4995 y 5005 etiquetas, lo cual significa que el peso del cono debe estar entre los 0.2943 y 0.3057 kg. De no cumplirse dichos límites, el proveedor deberá asumir el costo de la bobina.

Como se mencionó anteriormente, el promedio de mermas actual es elevado y representan costos que pueden ser reducidos, por ello, se propone disminuir el promedio de mermas para botellas, tapas y etiquetas para las presentaciones de 500 ml y 750 ml; el promedio propuesto es el porcentaje actual que se maneja en la planta modelo de la empresa ubicada en México. Los límites de control propuestos se presentan en la Tabla 24, se considera un promedio menor al actual, mientras que la desviación estándar es la calculada según la situación actual para cada uno de los recursos.

Tabla 24: Propuesta de Límites de Control

| Presentación | Recurso | Promedio | LCS | LCI |
|--------------|-----------|----------|-------|-------|
| 500 ml | Botellas | 1.5% | 3.96% | 0.00% |
| | Tapas | 1.0% | 2.68% | 0.00% |
| | Etiquetas | 1.0% | 2.73% | 0.00% |
| 750 ml | Botellas | 1.5% | 3.77% | 0.00% |
| | Tapas | 1.0% | 3.02% | 0.00% |
| | Etiquetas | 1.0% | 2.78% | 0.00% |

Se ha visto factible la disminución del valor promedio de las mermas ya que, como se explicó anteriormente, las causas de las mismas se deben a errores en la calibración de las máquinas durante el cambio de formato; dichos errores serán reducidos con las mejoras propuestas correspondientes a la implementación del SMED.

CAPÍTULO 5. Impacto económico

5.1 Impacto económico de la implementación de SMED

La aplicación del SMED permitirá una reducción de 6 horas para el cambio de formato, es decir, habrá mayor tiempo para la producción. Dado que se realizan 2 cambios de formato en la línea productiva mensualmente, se tendrá 12 horas adicionales disponibles para la elaboración de ambas presentaciones de bebidas rehidratantes, según la planificación de la producción. En la Tabla 25 se presenta el listado de costos a incurrir para la implementación de las mejoras.

Tabla 25: Costos de la implementación de las mejoras

| Ítem | Frecuencia | Costo (S./.) |
|--------------------------------------|------------|----------------|
| Plan de capacitación a los operarios | Anual | 1200.00 |
| Carro porta herramienta | Única vez | 800.00 |
| Marcas para fijar alturas | Única vez | 100.00 |
| Mantenimiento de marcas | Semestral | 50.00 |
| Elaboración de manuales de procesos | Única vez | 1500.00 |
| Revisión de manuales de procesos | Anual | 500.00 |
| | | 4150.00 |

Considerando las 50 horas mensuales de parada de planta, la producción mensual actual por cada presentación se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Producción mensual actual

| Presentación | Total horas disponibles | % Tiempo asignado | Horas disponibles | Botellas /hora | Botellas /mes |
|--------------|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|
| 500 ml | 670 | 70% | 469.00 | 16200 | 7597800 |
| 750 ml | | 30% | 201.00 | 10800 | 2170800 |

Con la aplicación del SMED, se logra reducir los tiempos de parada de planta en un 24%, el impacto en la producción se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27: Producción mensual futura

| Presentación | Total horas disponibles | % Tiempo asignado | Horas disponibles | Botellas /hora | Botellas /mes |
|--------------|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|
| 500 ml | 682 | 70% | 477.40 | 16200 | 7733880 |
| 750 ml | | 30% | 204.60 | 10800 | 2209680 |

Analizando los gráficos anteriores, se presenta a continuación el análisis de costo beneficio, el cual se ilustra en la Tabla 28.

Tabla 28: Análisis costo beneficio

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Total |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Costo (S/.) | 4,150.00 | 1,800.00 | 1,800.00 | 7,750.00 |
| Beneficio (S/.) | 1,636,225.92 | 1,636,225.92 | 1,636,225.92 | 4,908,677.76 |
| Razon | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Como se puede apreciar, la razón de recuperación de la inversión es cero, es decir que se logra implementar las mejoras y recuperar los costos incurridos en un tiempo corto, menor a un mes.

5.2 Impacto económico de los límites de control

Actualmente la producción mensual es de 9'768,600 botellas, de las cuales el 80% corresponde a la presentación de 500 ml; y el resto, a la de 750ml. La cantidad promedio actual de unidades mermadas por botellas, tapas, y etiquetas para ambas presentaciones de producto se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29: Unidades mermadas situación actual

| Presentación | Producción mensual | Mermas | | | | | |
|--------------|--------------------|----------|----------|-------|----------|-----------|----------|
| | | Botellas | | Tapas | | Etiquetas | |
| | | % | Cantidad | % | Cantidad | % | Cantidad |
| 500 ml | 7,597,800 | 2.71 | 206,204 | 1.96 | 149,069 | 2.10 | 159,174 |
| 750 ml | 2,170,800 | 2.83 | 61,369 | 2.15 | 46,694 | 2.07 | 44,979 |

Con la mejora planteada se logran reducir las mermas tal como se presenta en la Tabla 30 a continuación.

Tabla 30: Unidades mermadas situación futura

| Presentación | Producción mensual | Mermas | | | | | |
|--------------|--------------------|----------|----------|-------|----------|-----------|----------|
| | | Botellas | | Tapas | | Etiquetas | |
| | | % | Cantidad | % | Cantidad | % | Cantidad |
| 500 ml | 7,733,880 | 1.50 | 116,008 | 1.00 | 77,339 | 1.00 | 77,339 |
| 750 ml | 2,209,680 | 1.50 | 33,145 | 1.00 | 22,097 | 1.00 | 22,097 |

Analizando la reducción de las mermas y hallando los costos que se dejarán de percibir al reducir las mermas a los límites planteados, se logra un ahorro en los costos de 55.62% para botellas, 50.54% para tapas y 48.74% para etiquetas. Estos resultados se pueden apreciar en la Tabla 31.

Tabla 31: Costos y ahorro de la mejora

| | Costo total (S/.) | | Ahorro | |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|--------|
| | Actual | Futuro | S/. | % |
| Botellas | 69,990.53 | 38,930.39 | 31,060.14 | 55.62% |
| Tapas | 16,607.52 | 8,393.96 | 8,213.56 | 50.54% |
| Etiquetas | 9,701.73 | 4,728.15 | 4,973.58 | 48.74% |



CAPÍTULO 6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

La mejora continua tiene por objetivo optimizar los procesos mediante la reducción de costos, el aumento de la producción, y el incremento de la calidad del producto y la satisfacción del cliente; en este enfoque están basadas las mejoras propuestas ante los problemas más relevantes determinados en el diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Los dos problemas más relevantes hallados son: el excesivo tiempo de paradas en la planta de producción, y los altos porcentajes de mermas de botellas, tapas y etiquetas. Los métodos para la realización de actividades relacionadas al cambio de formato, y la falta de un control estadístico, son las principales causas de ambos problemas respectivamente.

Con respecto al excesivo tiempo de paradas en la planta de producción, el cual es de aproximadamente 30 horas mensuales, la herramienta utilizada para analizar el cambio de formato fue el SMED y las propuestas de mejora son: la eliminación del tiempo incurrido por traslado de herramientas, marcaciones en algunos sensores y equipos para determinar la altura y/o posición requerida para la producción de las bebidas de 500 ml o 750 ml, y un plan de capacitación para la formación de operarios polivalentes.

Tanto para la presentación de 500 ml como de 750 ml, las mermas de botellas, tapas, y etiquetas varían entre 1 y 4%, 1 y 3%, y 1 y 3%, respectivamente; las principales causas radican en la mala calibración de las máquinas durante el cambio de formato, y la inexistencia de límites de control. En este caso, se analizaron las mermas registradas en distintos lotes de producción y se propusieron límites de control basados en la planta modelo ubicada en México y manteniendo la desviación estándar de la situación actual.

En el caso de las propuestas de mejora para el cambio de formato, el impacto se ve reflejado en el incremento del tiempo para la elaboración de bebidas rehidratantes ya que habrá 6 horas disponibles de horas hombre y horas máquina para la producción, las cuales antes eran horas

improductivas o utilizadas para realizar las actividades del cambio de formato. Al traducir en cifras dicho impacto, el tiempo de recuperación en menos de dos meses del primer año de implementación, mientras el margen o beneficio percibido por el aumento de ventas supera largamente a los costos incurridos por la implementación de las mejoras; se calcula que dicho beneficio es de S/. 1'636,226.00 anuales.

Al mejorar los métodos del cambio de formato, es factible implementar límites de control para las mermas de botellas, tapas, y etiquetas durante el proceso productivo. Esta propuesta permite la reducción de costos incurridos por el elevado porcentaje de mermas presentados en los lotes de producción para ambas presentaciones de bebidas rehidratantes; el ahorro por reducción de mermas es de 55%, 50%, y 48% para las botellas, tapas, y etiquetas, respectivamente.

Las propuestas de mejora planteadas permiten una reducción de costos, y el mejor aprovechamiento de la capacidad disponible de las máquinas para la producción de bebidas rehidratante, es decir, se logra un incremento en los indicadores de productividad y eficiencia global de la planta.

6.2 Recomendaciones

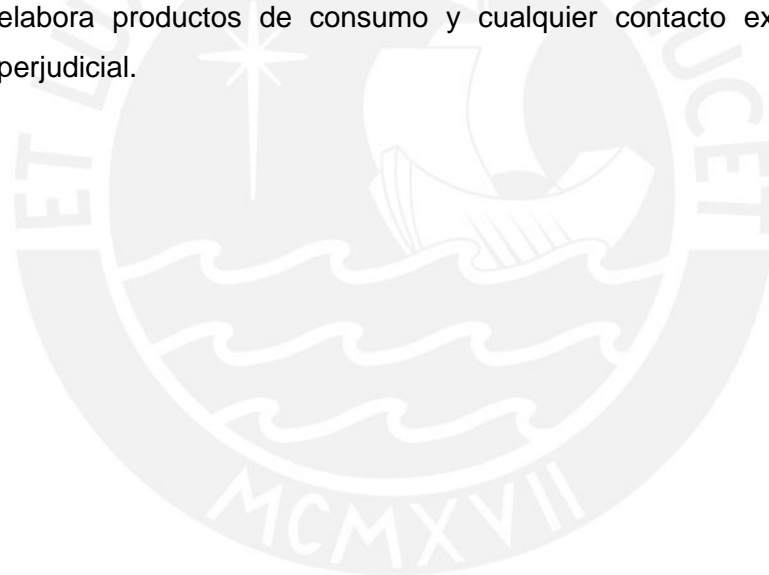
Se recomienda realizar capacitaciones referentes a Lean Manufacturing y Buenas Prácticas de Manufactura al personal de todos los niveles de la empresa, de manera que puedan concientizarse de la importancia de la eliminación de desperdicios para el incremento de la producción y los demás beneficios que suponen las buenas prácticas de manufactura.

Se recomienda también formar círculos de calidad con el objetivo de buscar causas y soluciones si en una jornada se presenta un punto fuera de los límites de control establecidos, así como también, de dar iniciativas para la mejora continua. El círculo de calidad deberá estar conformado por el Gerente de Producción, los supervisores y dos operarios de cada turno, de modo que haya sinergia en las reuniones las cuales deberán tener una frecuencia quincenal.

Se debe evaluar la posibilidad de automatizar las actividades de cambio de formato y hacer un análisis costo beneficio de esta posible implementación, tomando en cuenta que, de ser factible reducir más los tiempos de preparación de máquinas, se podría aprovechar mejor la capacidad de la planta.

Los operarios líderes de cada máquina deberían elaborar manuales de procesos u hojas de instrucción para la preparación de la planta para el cambio de formato, de manera que se busque la estandarización de métodos y procedimientos de la planta.

Se recomienda también difundir el plan de seguridad en el trabajo ya que en algunas ocasiones se observó que los operarios realizaban sus actividades sin llevar los equipos de protección personal adecuadamente. Muchas veces esta razón afecta directamente a la calidad del producto ya que la planta elabora productos de consumo y cualquier contacto externo puede ser perjudicial.



Bibliografía

- BONILLA, Elsie, DÍAZ, Bertha, KLEEBERG, Fernando y NORIEGA María Teresa.
2010 *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas*.
Primera Edición. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- CAMACHO, Ricardo.
2008 *¿Qué es un proceso? – Definiciones y elementos*. Consulta:
03 de octubre de 2011. Material de
enseñanza. <[http://blog.pucp.edu.pe/index.php?itemid=19744?
&pending=1#pending](http://blog.pucp.edu.pe/index.php?itemid=19744?&pending=1#pending)>
- CAMISÓN, César.
2009. *La gestión de la calidad por procesos. Técnicas y
herramientas de calidad*. Material de enseñanza. Consulta: 05
de setiembre de 2011. <[http://www.mailxmail.com/curso-
gestion-calidad-procesos-tecnicas-herramientas-calidad/tipos-
procesos](http://www.mailxmail.com/curso-gestion-calidad-procesos-tecnicas-herramientas-calidad/tipos-procesos)>
- CASANOVAS, August y CUATRECASAS, Luis.
2011 *Logística Integral: Lean Supply Chain Management*. Primera
Edición. Barcelona: Profit Editorial.
- CHANG, Richard
1999 *Las Herramientas para la mejora continua de la Calidad*.
Volumen 2. Buenos Aires: Editorial Granica.
- CHANG, Richard Y.
1996 *Mejora Continua de Procesos: Guía Práctica para mejorar
procesos y lograr resultados medibles*. Primera edición.
Barcelona: Ediciones Granica S.A.
- CHASE, Richard, ALQUILANO, Nicholas y JACOBS, Robert.
2000. *Administración de producción y operaciones: Manufactura y
servicios*. Octava edición. Colombia: McGraw-Hill.
- DE LA CRUZ, Juan.
2008. *Gestión de calidad. Sistemas y modelos (segunda parte)*.
Material de enseñanza. Consulta: 05 de setiembre de 2011.
<[http://www.mailxmail.com/curso-calidad-gestion/gestion-
calidad-procesos-gestion-calidad-clasificacion](http://www.mailxmail.com/curso-calidad-gestion/gestion-calidad-procesos-gestion-calidad-clasificacion)>
- GARCÍA, Fernando
2010 *Control Estadístico: Gráficos de control – variables
[diapositivas]*. Lima: PUCP.
- GUAJARDO, Edmundo
1996 *Administración de la Calidad Total: Conceptos y enseñanzas
de los grandes maestros de la calidad*. Segunda edición.
México, D.F: Editorial Pax México.
- JAMES, Paul
1997 *Gestión de la Calidad Total*. Primera edición. Madrid: Editorial
Prentice Hall Iberia.

- KRAJEWSKI, Lee
2000 *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Quinta edición. México D.F.: Editorial Pearson Educación.
- KRAJEWSKI, Lee, RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj
2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Octava edición. México D.F.: Editorial Pearson Educación.
- PEREZ FERNANDEZ DE VELASCO, José Antonio.
2010 *Gestión por Procesos*. Cuarta edición. Madrid: ESIC.
- REYES AGUILAR, Primitivo
2009 *Manufactura Lean: Conceptos y Métodos*. Material de enseñanza. Consulta: 04 de mayo de 2012.
<www.icicm.com/files/Manufactura_Lean.doc>
- SINGH, Sarv.
1997 *Control de calidad total. Claves, metodologías y administración para el éxito*. Primera edición. México: McGraw-Hill.
- SOSA, Demetrio.
1998 *Conceptos y Herramientas para la mejora continua*. Primera edición. México, D.F: Editorial Limusa, S.A DE C.V. Grupo Noriega Editores.
- TOVAR, Arturo y MOTA, Alejandro.
2007. *CPIMC: un modelo de administración por procesos*. Primera edición. México: Panorama Editorial.
- UDAONDO, Miguel.
1992 *Gestión de Calidad*. Primera Edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- VILAR, José Francisco y DELGADO, Teresa.
2005. *Control estadístico de los procesos (SPC)*. Primera edición. España: Fundación Confemetal.
- ZÚNICA, Luisa y ROMERO, Rafael
2005 *Métodos estadísticos en Ingeniería*. Primera edición. Valencia. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- FERNANDEZ, Juan
2009 *Gestión en Tiempos de Crisis*. Primera edición. Barcelona. Ediciones Deusto.