

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN
A TRAVÉS DE LA REDUCCIÓN DE MERMA DE CO₂ EN UNA
EMPRESA PRODUCTORA DE BEBIDAS CARBONATADAS**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADA POR:

Bach. OLAYA ESPINOZA, JIMMY EDGAR
Bach. TRELLES TRELLES, CARLOS ALFREDO

ASESOR: Mg. Ing. ROSALES LOPEZ, PEDRO

LIMA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis seres queridos quienes siempre me brindaron consejo, apoyo y la motivación necesaria para culminar cada etapa de este trabajo.

Carlos Alfredo Trelles Trelles

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Mí hija Valentina, porque Tu existencia en Mí vida es Mí aliciente de cada mañana. A Mis Padres en el cielo y a los que tengo en la tierra, mucho de lo intangible plasmado aquí, lo aprendí en sus faldas y en su regazo.

Jimmy Olaya Espinoza

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Ricardo Palma y a su plana docente que con su esfuerzo y dedicación forman profesionales preparados para los nuevos retos y exigencias del mercado laboral.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento de la problemática:	1
1.2 Formulación del problema principal y secundarios.....	6
1.2.1 Problema principal.....	6
1.2.2 Problemas secundarios	6
1.3 El objetivo principal y objetivos secundarios	7
1.3.1 Objetivo principal	7
1.3.2 Objetivos secundarios	7
1.4 Delimitación de la investigación.....	7
1.4.1 Delimitación espacial:	7
1.4.2 Delimitación temporal:	7
1.5 Justificación e importancia de la investigación	7
1.5.1 Justificación	7
1.5.2 Importancia	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	9
2.2 Bases teórica vinculada a la variable o variables de estudio	11
2.2.1 Bebidas Carbonatadas	11
2.2.2 Fabricación	17
2.2.3 La tecnología de carbonatación	23
2.2.4 Evaluación sensorial de los alimentos.....	30
2.2.5 Los sentidos y propiedades sensoriales.....	31
2.2.6 La Reducción de Merma	34
2.3 Definición de términos básicos	60
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	63
3.1 Hipótesis.....	63
3.1.1 Hipótesis Principal	63
3.1.2 Hipótesis Secundarias	63
3.2 Variables	63

3.2.1	Definición conceptual de las variables.....	63
3.2.2	Operacionalización de las variables.....	63
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO		66
4.1	Tipo y nivel de investigación	66
4.2	Diseño de investigación.....	66
4.3	Población y muestra	67
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	67
4.5	Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	67
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		68
5.1	Presentación de los resultados.....	68
5.2	Análisis de los resultados	73
5.2.1	Prueba de Normalidad.....	73
5.2.2	Comprobación de Hipótesis	74
CONCLUSIONES.....		78
RECOMENDACIONES.....		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80
ANEXOS		82
Anexo 1:	Matriz de Consistencia	83
Anexo 2:	Procedimiento para la Descarga de CO ₂	84
Anexo 3:	Programa de Mantenimiento Preventivo	88
Anexo 4:	Estandarización de Parámetros para el arranque de Línea.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Propiedades del ácido cítrico.....	15
Tabla 2	Propiedades del benzoato de sodio.....	16
Tabla 3	Relación entre las propiedades sensoriales y los sentidos	33
Tabla 4	Matriz de Selección	35
Tabla 5	Propuesta de mejora.....	39
Tabla 6	Lista de comprobación en la Empacadora	43
Tabla 7	Lista de comprobación en el Triblock	44
Tabla 8	Lista de comprobación en el Despaletizador	44
Tabla 9	Lista de comprobación en la Etiquetadora.....	44
Tabla 10	Análisis de Preparación de la Empacadora. Situación Futura.....	46
Tabla 11	Análisis de Preparación de Preparación del Triblock.....	47
Tabla 12	Análisis de Preparación del Despaletizador.....	47
Tabla 13	Análisis de Preparación de la Etiquetadora.....	48
Tabla 14	Muestra de las bobinas de etiquetas.....	53
Tabla 15	Propuesta de Limites de Control	54
Tabla 16	Costos de Implementación de las mejoras	55
Tabla 17	Producción mensual actual.....	55
Tabla 18	Producción mensual futura.....	55
Tabla 19	Análisis Costo Beneficio.....	56
Tabla 20	Unidades mermadas situación actual.....	56
Tabla 21	Unidades mermadas situación futura.....	57
Tabla 22	Costo y ahorro de la mejora	57
Tabla 23	Distribución de los grupos de estudio.....	68
Tabla 24	Perdidas por Carga (S/.) antes y después de la mejora	69
Tabla 25	Perdidas por Arranque (S/.) antes y después de la mejora.....	70
Tabla 26	Perdidas por Fuga (S/.) antes y después de la mejora.....	71
Tabla 27	Costo de la Merma (S/.) antes y después de la mejora	72
Tabla 28	Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk	73
Tabla 29	Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis General.....	74
Tabla 30	Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 1	75
Tabla 31	Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 2	76
Tabla 32	Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 3	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mega planta ubicada en la zona Sur de Lima.	2
Figura 2. Reporte de Costo de Producción Mensual 2018	3
Figura 3. Abastecimiento y trasiego de CO ₂ en planta embotelladora.....	4
Figura 4. Fuga en oring de filtro.	5
Figura 5. Fuga en codo de tubería.....	5
Figura 6. Merma de CO ₂ valorizada por mal arranque de línea	6
Figura 7. Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas	18
Figura 8. Burbujas de gas	22
Figura 9. Sistema de carbonatación de batch.....	24
Figura 10. Sistema de carbonatación por inyección.....	25
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso del equipo MSF 54/2.....	26
Figura 12. Carbonatador Mojonnier.....	27
Figura 13. Saturación del CO ₂ de la bebida.....	29
Figura 14. Maquina Post-mix.	30
Figura 15. Diagrama Causa-Efecto para alto porcentaje de mermas	36
Figura 16. Diagrama Causa-Efecto para el tiempo excesivo por parada de planta	38
Figura 17. Disposición de los carros porta herramientas en la planta.....	42
Figura 18. Carro porta herramientas	43
Figura 19. Marcas en el sensor de la tapadora.....	45
Figura 20. Diagrama Multi actividades Hombre - Maquina.....	49
Figura 21. Plan de Capacitación	49
Figura 22. Gráfico de Control.....	51
Figura 23. Muestra para presentación de 500 ml.....	52
Figura 24. Distribución de los grupos de estudio.....	68
Figura 25. Diagrama de caja de las perdidas por Carga (S/.)	69
Figura 26. Diagrama de caja de las perdidas por Arranque (S/.).....	70
Figura 27. Diagrama de caja de las perdidas por Fuga (S/.).....	71
Figura 28. Diagrama de caja de las Merma Total (S/.)	72

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propuso una solución para la reducción del costo de producción a través de la reducción de la merma de CO₂ que se genera en la empresa embotelladora de bebidas carbonatadas durante diversas fases en su proceso de elaboración de la gaseosa.

En este estudio, se identificó las razones por las cuales ocurre la merma de este insumo necesario para la producción como son la falta de controles administrativos y procedimientos durante la entrega del gas y durante la elaboración del producto final, los cuales juegan un rol vital en el incremento del costo de producción, específicamente en el costo de materia prima.

Se analizaron cada uno de estos casos mediante la observación y anotación de variables como el tiempo y cantidad de CO₂ que se pierde, para lo cual se sugirió la implementación de mecanismos que reduzcan la pérdida del insumo y, por lo tanto, la reducción del costo de producción.

Palabras Claves: CO₂ – Merma - Bebidas Carbonatadas – Costo de Producción

ABSTRACT

The present research project proposed a solution for the reduction of the cost of production through the reduction of the CO₂ reduction that was generated in the bottling company of carbonated beverages during several phases in the process of elaboration of the soda.

In this study, we identified the reasons why the reduction of this input necessary for production occurs, such as the lack of administrative controls and procedures during gas delivery and during the elaboration of the final product, which play a vital role in the increase in the cost of production, specifically in the cost of raw material.

Each of these cases was analyzed by observing and annotating variables such as the time and amount of CO₂ that is lost, for which the implementation of mechanisms that reduce the loss of the input and, therefore, the reduction of the production cost.

Keywords: CO₂ – Ullage – Carbonated drinks – Production cost

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación muestra a una empresa embotelladora de bebidas carbonatadas (gaseosas), líder en el mercado nacional y reconocida a nivel internacional cuyas operaciones en Perú se han visto incrementadas por lo que ha decidido invertir en la construcción de una mega planta ubicada al sur de la ciudad de Lima, con capacidad de producir a grandes cantidades sus productos y así, poder atender el actual crecimiento de la demanda.

Para su proceso productivo, la empresa requiere de dióxido de carbono (CO_2) como insumo necesario en la fabricación de las bebidas y son las excesivas cantidades que se pierden, la razón de esta investigación, generando un elevado costo de producción.

Esto nos llevó a un planteamiento del problema identificado en relación a la materia prima (CO_2) y la relación directa que tiene con el costo de producción. A raíz de esta problemática, se identificaron las causas que generan esta merma y se plantearon objetivos como plan de acción para poder revertir este incremento del costo de producción, para que, mediante las hipótesis podamos validar si efectivamente existe una variación favorable para la reducción del costo de producción y el consumo que se tiene del CO_2 .

El desarrollo integral de la investigación consta en cinco capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema que comprende: descripción y formulación del problema, el establecimiento de los objetivos de la investigación, delimitaciones de la investigación y justificación e importancia, permitiendo identificar las causas y los efectos del problema de la investigación.

En el capítulo II, corresponde al marco teórico que abarca: antecedentes de estudios de la recopilación de tesis de investigación tanto nacionales como internacionales, que nos permiten comparar el tratamiento de las variables involucradas en otras investigaciones. También, se desarrollaron las bases teóricas y científicas y la definición conceptual de la terminología empleada.

En el capítulo III, corresponde a la implementación del sistema de hipótesis de la investigación y la operacionalización de las variables que intervienen en la investigación, permitiendo establecer las dimensiones de las variables así, como los indicadores que se utilizaron para cuantificar su accionar

En el capítulo IV, se dio a conocer el método que comprende: el tipo, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las hipótesis, técnicas e instrumentos de la investigación, la descripción del procesamiento y análisis estadístico de los datos, para su posterior tratamiento estadístico.

En el capítulo V, se presentan los resultados mediante tablas de frecuencia y figuras de la muestra antes y después de la mejora, así como las estadísticas de las variables involucradas como son las pérdidas monetarias por carga, por arranque y por fuga y sus costos de la merma antes y después. Luego se realiza el análisis de los resultados, mostrando la prueba de normalidad que indicó la estadística inferencial para la contratación de las hipótesis,

Al final, se establece las conclusiones acompañadas de sus respectivas recomendaciones, anotando las referencias bibliográficas consultadas en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento de la problemática:

La problemática se presenta en una empresa productora de bebidas carbonatadas no alcohólicas que es exclusiva embotelladora y distribuidora de diversas marcas reconocidas a nivel nacional e internacional, por medio de la planificación, ejecución y control de los subprocesos de tratamiento de agua, elaboración de jarabes, preparación de bebida y envasado, cumpliendo los requisitos del sistema de la casa matriz, ubicada en Atlanta, Estados Unidos y las reglamentaciones legales.

En Perú, viene realizando operaciones desde más de 107 años y debido a la fusión con una de las embotelladoras más importantes a nivel mundial, incrementó su producción. Actualmente, para poder atender la creciente demanda de bebidas carbonatadas no alcohólicas a nivel nacional, la empresa cuenta con 06 plantas de producción en las principales ciudades del país como Trujillo, Arequipa, Cusco, Iquitos y 02 en Lima. Una en el norte chico de la ciudad dedicada al procesamiento y producción de pulpa de fruta para la producción jugos; y otra mega planta ubicada en el sur de la ciudad, inaugurada en el mes de octubre del 2015 donde inició su etapa de pruebas y en enero del 2016, comenzó a producir para el mercado peruano.

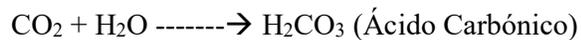
En esta mega planta ubicada al sur de Lima (ver figura 1), se concentra la mayor producción de bebidas carbonatadas y de agua para la distribución a nivel nacional. Para la producción de gaseosas, cuenta con 06 líneas de producción de hasta 1,000 millones de litros de bebidas al año equivalente a 13 millones de cajas unitarias por mes aproximadamente; y para producir esta cantidad de bebidas carbonatadas, se emplea 300 toneladas de CO₂, insumo que es adquirido mediante un proveedor local a través de camiones cisterna que realizan la descarga en los tanques de almacenamiento de la planta.



Figura 1. Mega planta ubicada en la zona Sur de Lima.

Fuente: Elaboración Propia

El dióxido de carbono (CO₂) actúa en el proceso de elaboración de la bebida mediante una reacción llamada carbonatación, la cual ocurre durante el subproceso de llenado a un rango de presión entre 180 a 200 psi y a -4°C, cuando se agrega dióxido de carbono gaseoso a un líquido (jarabe) que ya se encuentra en el envase y reacciona químicamente con las moléculas de agua para formar el ácido carbónico de la siguiente manera:



Este producto es el que estimula la lengua cuando se ingiere una bebida carbonatada (gaseosa, vino, cerveza, etc.)

Actualmente, en el proceso de elaboración de las gaseosas, se tiene una pérdida (merma) promedio de CO₂ mensual de S/ 50,000.00 (cincuenta mil soles), identificadas en la mayoría de subprocesos. Esta pérdida de CO₂ representa casi el 50% mensual de lo que se adquiere de este insumo, generando excesivos costos de producción y convirtiendo el proceso en ineficiente. (Ver figura 2)

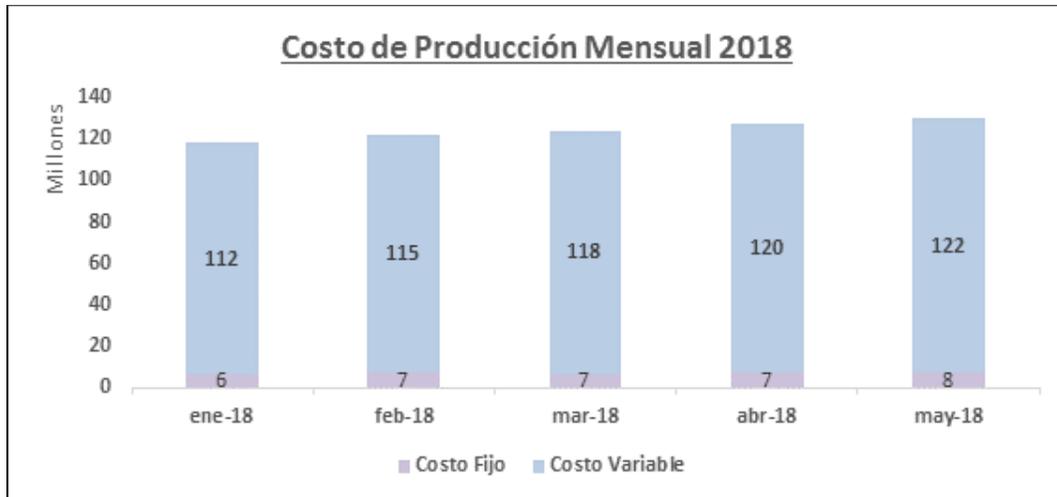


Figura 2. Reporte de Costo de Producción Mensual 2018

Fuente: Elaboración Propia

Revisando el proceso de envasado de bebidas carbonatadas, desde la entrega de CO₂, por parte del proveedor, hasta la carga en el sistema de cada línea de producción, se logró identificar 03 motivos que contribuyen a la generación de merma de este insumo:

1. Para el abastecimiento del CO₂, se programan 02 entregas del insumo a la semana por parte de Praxair, proveedor local de gases para la industria, quienes brindan el servicio de transporte y descarga del gas en la planta a través de camiones cisterna, los cuales son medidos en peso al momento de salir desde sus instalaciones.

Un operador de Praxair realiza la descarga en el tanque de la planta embotelladora, el cual se encuentra a una determinada presión (P= 240 PSI), para ello debe de igualar las presiones del camión cisterna con el tanque de la planta para poder realizar el trasiego. Para igualar las presiones se debe purgar CO₂ del camión cisterna y se observa que esta purga es prolongada y sin control.

Culminada la descarga, el camión cisterna retorna a las instalaciones de Praxair donde nuevamente es pesado y la diferencia entre su peso de salida y su peso de llegada es facturado como lo despachado a la planta embotelladora (Ver figura 3).

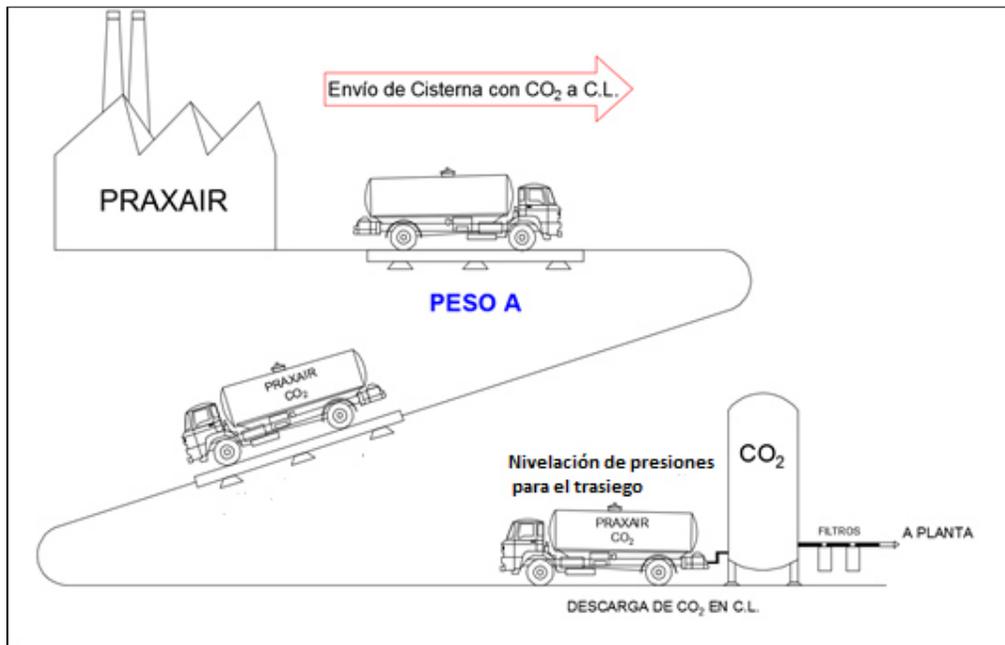


Figura 3. Abastecimiento y trasiego de CO₂ en planta embotelladora.

Fuente: Elaboración Propia

2. Por fugas en el sistema de tuberías. El CO₂ almacenado en el tanque es trasladado a través de un sistema de tuberías a cada una de las 6 líneas de producción. Durante este traslado, se logran identificar fugas de este insumo a través de los codos, tuberías y válvulas que escapan al ambiente diariamente lo que repercute en una nueva gestión no planificada de compra de CO₂.

Estas fugas no se detectan a simple vista y tampoco existe en el sistema de tuberías sensores que midan la presión del CO₂ en las tuberías, por lo cual hace más difícil detectar fugas.

Actualmente se detectan algunas fugas durante la limpieza del sistema de tuberías (Ver figura 4 y 5)



Figura 4. Fuga en oring de filtro.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 5. Fuga en codo de tubería

Fuente: Elaboración Propia

3. Por mal arranque de línea; Las máquinas con las que cuenta la planta, deben estar programadas a parámetros como Temperatura y Presión para que en el muestro inicial se realice con el menor número de no conformidades. Para esto, se debe de cargar toda la línea de este insumo, se realizan dos corridas (vuelta a la llenadora) tomando un muestreo de estas botellas y de no pasar el control de calidad, se debe de purgar el CO₂ de la línea y cargar nuevamente. Este reproceso genera altos índices de pérdidas del insumo. (Ver figura 6)

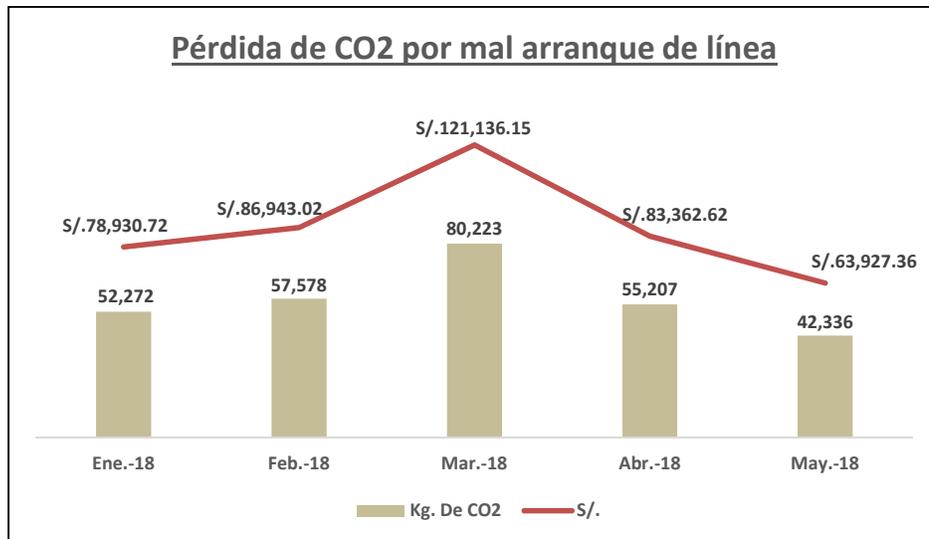


Figura 6. Merma de CO₂ valorizada por mal arranque de línea

Fuente: Elaboración Propia

1.2 Formulación del problema principal y secundarios

1.2.1 Problema principal

¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO₂ en una empresa productora de bebidas carbonatadas?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO₂ durante la descarga (Trasiego) en una empresa productora de bebidas carbonatadas?
- ¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO₂ por fugas en las tuberías en una empresa productora de bebidas carbonatadas?
- ¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO₂ durante el arranque de línea (inicio de producción) en una empresa productora de bebidas carbonatadas?

1.3 El objetivo principal y objetivos secundarios

1.3.1 Objetivo principal

Diseñar una propuesta de solución para reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO₂

1.3.2 Objetivos secundarios

- a) Establecer procedimiento de descarga para evitar merma de CO₂ y reducir el costo de producción.
- b) Establecer un programa de mantenimiento preventivo en las tuberías para evitar la merma de CO₂ y reducir el costo de producción.
- c) Estandarizar los métodos de trabajo para evitar la merma de CO₂ en el arranque y reducir el costo de producción.

1.4 Delimitación de la investigación

1.4.1 Delimitación espacial:

El recojo y procesamiento de datos se llevará a cabo en la planta de producción ubicada en al sur de Lima, perteneciente a la empresa productora de bebidas carbonatadas.

1.4.2 Delimitación temporal:

El estudio abarca los datos y resultados de producción de los primeros meses del año 2018.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

1.5.1 Justificación

La presente investigación, propone una solución para reducir la merma de CO₂ en el proceso de producción de las bebidas carbonatadas de una empresa productora y distribuidora de estas bebidas, ya que dicho problema representa un elevado costo para la empresa.

Se justifica teóricamente ya que contribuye a incrementar el conocimiento científico sobre el uso del CO₂ en el proceso de producción de bebidas carbonatadas y el impacto que tiene en el costo de producción, lo cual permitirá enriquecer la discusión científica en temas vinculados con la temática mencionada.

Asimismo, el presente proyecto de investigación tiene una justificación práctica, porque permitirá encontrar una alternativa de solución para evitar la merma de CO₂ en el proceso de producción de bebidas carbonatadas de la empresa.

1.5.2 Importancia

La presente investigación tiene relevancia para la economía de la empresa, ya que esta merma impacta directamente al costo de producción, lo que se ve reflejado en los resultados financieros.

A su vez, es importante ya que contribuye a la política de responsabilidad ambiental de la empresa correspondiente al control de emisiones de CO₂ al ambiente, tratando de reducir las emisiones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

La notoriedad que fueron adquiriendo estas bebidas dio lugar a que en 1783, un joven científico amateur, Jean Jacob Schweppe, perfeccionara las ideas de Priestley y Lavoisier para desarrollar su fabricación industrial y, más tarde, elaborar una bebida carbonatada con sabor y con quinina, conocida como “tónica”. Pronto se produjeron bebidas refrescantes de gran calidad que consiguieron el reconocimiento por parte de la comunidad médica. De hecho, en algunos hospitales se distribuían gratuitamente a pacientes sin recursos; con el tiempo, la demanda de sus bebidas se amplió a las personas que podían comprarlas.

En la década de 1830, los refrescos trascendieron los usos medicinales y se hicieron habituales en el ámbito familiar, convirtiéndose en la bebida ideal para acompañar las comidas y cenas. Este incremento de la demanda hizo que los fabricantes empezaran a investigar para desarrollar nuevos tipos de bebidas carbonatadas de distintos sabores.

Alrededor de 1950, las bebidas refrescantes formaban ya parte de los hábitos sociales de millones de personas en todo el mundo. Los fabricantes diseñaron botellas cuya forma distinguía su producto del resto y las fabricaron a gran escala. A su vez, los carros de tracción animal para el transporte y distribución de bebidas se reemplazaron por vehículos de motor, se desarrollaron cajas que permitían transportar varias botellas a la vez y se instalaron dispensadores automáticos de refrescos en los comercios.

En los años 60, los nuevos cánones sociales y de belleza aumentaron la preocupación por el cuidado personal y por mantener la línea. Esto llevó al conjunto de la industria alimentaria a investigar nuevas fórmulas. La industria de las bebidas refrescantes fue pionera al conseguir refrescos con buen sabor y sin apenas calorías ya que, en ellos, se sustituía el azúcar por otros edulcorantes.

Cuando en la década de los 60 se produjo la expansión y popularización de la televisión, motivada por el abaratamiento de los receptores y el uso de satélites para las transmisiones de larga distancia, la publicidad adquirió una nueva dimensión. En este

nuevo entorno, las compañías de las bebidas refrescantes fueron pioneras a la hora de desarrollar campañas publicitarias de gran repercusión social. Por eso, muchos de los eslóganes que a lo largo de los años han utilizado estas empresas forman parte de la historia de la televisión y la publicidad.

Su vinculación histórica a la sociedad y a sus valores ha llevado al sector a participar en todos los ámbitos sociales como por ejemplo, en la promoción de competiciones deportivas y en todo tipo de eventos culturales.

Esta constante evolución y capacidad de adaptación a lo largo de más de dos siglos de historia, ha convertido a la industria de las bebidas refrescantes en una de las más dinámicas e innovadoras. Gracias a esta capacidad, el consumidor cuenta hoy, a lo largo de todo el planeta, con una gran variedad de refrescos para cada momento y lugar, lo que le permite saciar la sed de forma saludable, divertida y placentera.

Tras 200 años de evolución y adaptación, los refrescos cumplen un importante rol social. La evolución en los gustos, también dio lugar a que, con el tiempo, los distintos fabricantes incorporaran a su oferta bebidas no carbonatadas, los populares refrescos sin gas de distintos sabores, las bebidas para deportistas o las bebidas refrescantes de té, entre otros.

La diversificación se extendió a los envases, que se fueron adaptando a los gustos y necesidades de los consumidores. Se empezaron a utilizar distintos materiales y, así, surgieron las latas y nuevas botellas de diferentes materiales y tamaños.

En los años 2000 en adelante el sector de las bebidas refrescantes ocupa un lugar destacado en el conjunto de la industria alimentaria. En este sector, la investigación, la fabricación, el embotellado, la distribución, la comercialización, la publicidad, la comunicación comercial, etc. son áreas en constante evolución que generan, de forma directa o indirecta, más de 25.000 empleos en España. La industria de bebidas refrescantes emplea de forma directa a más de 9.000 trabajadores y a más de 25.000, contando puestos indirectos. Alrededor de un 40% está centrado en la venta del producto y más del 36%, en tareas de producción, mientras que el resto se ocupa de la distribución, administración y otras actividades.

2.2 Bases teórica vinculada a la variable o variables de estudio

2.2.1 Bebidas Carbonatadas

La bebida carbonatada o bebidas gasificadas jarabeadas están reguladas por INDECOPI (2012) en la Norma Técnica Peruana NTP 214.001:1985 quien la define como:

Es el producto obtenido por disolución de edulcorantes nutritivos y dióxido de carbono en agua potable tratada, pudiendo estar adicionado de saborizantes naturales y/o artificiales, jugos de frutas, acidulantes, conservadores, emulsionantes y estabilizantes, antioxidantes, colorantes, amortiguadores, agentes de enturbiamiento, antiespumantes y espumantes, u otros aditivos alimentarios permitidos por la autoridad sanitaria (p. 2)

La regulación anterior estaba a cargo de ITINTEC que en 1983 con su NTP 2414-001 definiéndola como:

El producto obtenido por disolución de edulcorantes nutritivos y gas carbónico en agua potable tratada, pudiendo estar adicionada de saborizantes naturales y/o artificiales, jugos de frutas, acidulantes, conservadores, emulsionantes, y estabilizantes, antioxidantes, colorantes, amortiguadores, agentes de enturbiamiento, antiespumantes, y espumantes. Todos los aditivos alimentarios deben ser los permitidos por la autoridad sanitaria. (p. 4)

Dióxido de Carbono (CO₂)

- Se emplea generalmente bajo la forma de gas licuado, siendo su P. M. de 44.21
- Puede obtenerse a partir de fuentes naturales; o de la mezcla gaseosa procedente de la combustión del COK, haciéndolo pasar por columnas de absorción en las que se fija el CO₂ en forma de bicarbonato.

Su efecto es como:

- Conservador. Su efecto se debe a que desplaza el oxígeno.
- Influye en los caracteres sensoriales, aumentando la acción refrescante de muchas de ellas.
- Su acción hiperhémica que acelera la absorción de otras sustancias a través del epitelio intestinal.

Agua

- Es el componente mayoritario, alrededor del 90%
- Debe ser tratada, cuyo tratamiento dependerá de la naturaleza del agua.
- Los niveles de cloro aplicado en el agua pueden ser hasta de 4 mg/L, sin embargo, este contenido es excesivo y tiene que ser eliminado el exceso. Para ello se puede utilizar un lecho de carbón.
- Los nitratos deben ser inferiores a 4 – 5 mg/L para evitar problemas de corrosión en envases (barniz, estaño, laca). Se elimina mediante intercambio iónico.
- Requiere bajos niveles de oxígeno, 1 mg/L o menos. Se utilizan desaeradores que trabajan al vacío.

Ingredientes

Los ingredientes más comunes usados en las diferentes bebidas carbonatadas, son:

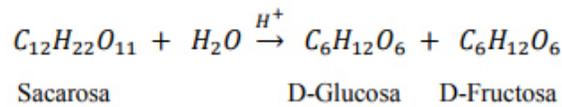
Agua: Es el ingrediente principal usado en las bebidas carbonatadas, el cual debe ser de alta pureza. Para poder formar parte de la bebida, “previamente debe ser tratada para remover cuatro tipos de contaminantes (material inorgánico, compuestos orgánicos, contaminación microbiológica y partículas) que pueden afectar el sabor, olor o apariencia de la bebida final” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 85).

Edulcorantes: Los edulcorantes usados en las bebidas carbonatadas pueden ser o nutritivo o no nutritivo. La calidad del edulcorante “es uno de los parámetros más importantes que afecta la calidad de la bebida” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 92). Los edulcorantes nutritivos son “aquellos que aportan calorías, mientras que los edulcorantes no nutritivos no contienen calorías” (García, M, 2013, p. 4).

Edulcorante nutritivo:

Según Morrow, R y Quinn, C (2007) manifiesta como:

Estos incluyen sacarosa granulada, sacarosa en solución, azúcar invertido, dextrosa y jarabe de maíz de alta fructosa. La sacarosa, obtenida a partir de caña de azúcar o remolacha, en presencia de ácidos y en solución acuosa, se hidroliza a fructosa (levulosa) y dextrosa (glucosa); esta mezcla se llama azúcar invertido (p. 95).



El jarabe de maíz de alta fructosa se deriva de almidón de maíz a través de un proceso que incluye la descomposición del almidón en glucosa, la conversión enzimática de glucosa en fructosa, la separación de los azúcares y mezcla de los azúcares para producir diversas concentraciones de fructosa y glucosa. Donde “la elección de edulcorantes depende de la dulzura definitiva deseada y la formulación de la bebida en particular” (Morrow y Quinn, 2007, p. 99).

Edulcorantes no nutritivos: Actualmente, el aspartamo, la sacarina, sacarosa y acesulfamo son los únicos edulcorantes no nutritivos aprobados para su uso en bebidas por la Food and Drug Administration de EEUU. La sacarina era mezclada con sacarosa y usada en gaseosas durante la Primera Guerra Mundial, debido a la escasez de edulcorantes nutritivos, esta es entre 300 y 400 veces más dulce que la sacarosa. El aspartamo es el primer edulcorante no nutritivo usado en las bebidas carbonatadas, y es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa.

Algunas fuentes consideran al aspartamo como un edulcorante nutritivo. Donde “la sucralosa (splenda) es el edulcorante no nutritivo que más se asemeja al sabor de la sacarosa. Y el acesulfamo se asemeja a la sacarina en estructura y perfil de sabor” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p.103).

Por otra parte, García, M (2013) define que:

La stevia es dulce y apta para diabéticos. Tiene un sabor más lento al comienzo y una duración más larga que la del azúcar, aunque algunos de sus extractos pueden tener un sabor amargo. Su dulzor es hasta 300 veces mayor que el del azúcar (p. 5)

Acidulantes: Los acidulantes son los que le dan a la bebida un sabor agrio o ácido, ajustan el pH para facilitar la función del benzoato como conservante, reduce el crecimiento de microorganismos y actúa como un catalizador para el proceso de inversión hidrolítica en bebidas endulzadas con sacarosa. Donde “los primeros acidulantes de las bebidas carbonatadas son ácido fosfórico y ácido cítrico. Otros acidulantes usados son el ácido ascórbico, tartárico, málico y adípico” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 112).

Ácido fosfórico: En la industria de bebidas gaseosas es usado casi en su totalidad en bebidas carbonatadas de cola, esto debido a su tipo especial de acidez astringente, que parece mezclarse mejor con la mayoría de bebidas sin fruta. El ácido fosfórico está “disponible comercialmente en concentraciones de 75%, 80% y 85% y es uno de los acidulantes más económicos” (Steen, D y Ashurst, P, 2006, p. 61).

Ácido cítrico: Este ácido se utiliza en “una variedad de bebidas carbonatadas con sabor, incluyendo lima-limón, naranja, otros sabores frutados, algunas cervezas de raíz y colas” (Steen y Ashurst, 2006, p. 60). El ácido cítrico se encuentra en estado cristalino, es de aspecto incoloro e inodoro; produce condiciones de pH bajos, los cuales son desfavorables para el crecimiento de organismos deteriorantes y provee un medio óptimo para la acción antibacteriana del benzoato de sodio (conservante). Este ácido se puede obtener hidratado o deshidratado (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.) y se muestra en la tabla 1.

Tabla 1*Propiedades del ácido cítrico*

Propiedad	A. cítrico anhidro	A. cítrico hidratado
Fórmula	$H_3C_6H_5O_7$	$H_3C_6H_5O_7, H_2O$
Peso molecular	192.12	212.4
Pureza	99.50%	99.50%
Agua	0.10%	0.80%
Densidad (g/cm ³)	1.67	1.54
Punto de fusión	153° C	
Solubilidad en agua (g/100 ml H ₂ O)	161.8	208.6

Fuente: Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.)

Otros ácidos:

Según Morrow, R y Quinn, C (2007)

El ácido ascórbico es usado principalmente como un antioxidante y en menor medida como un nutriente agregado a las bebidas. El ácido tartárico y el ácido adípico son usados en menor medida en bebidas con sabor a uva. El ácido málico puede ser usado como alternativa al ácido cítrico en algunas bebidas con sabor a frutas (p. 126).

Conservantes: Es “cualquier sustancia capaz de inhibir, retardar o detener el crecimiento de microorganismos o de enmascarar la evidencia de tal deterioro” (Steen y Ashurst, 2006, p. 75). INDECOPI (2012) en la NTP 214.001, “autoriza el uso de sorbato y/o benzoato en una proporción no mayor del 0,1% en masa” (p. 2). Los conservantes más comunes utilizados en las bebidas carbonatadas son:

Sorbato de potasio: Los conservantes son “eficaces a valores de pH bajo; sin embargo, el sorbato de potasio es un inhibidor microbiano eficaz en rangos de pH tan altos como 6,0 a 6,5” (Steen, D y Ashurst, P, 2006, p. 79).

Benzoato de sodio:

Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) lo define como:

Un polvo cristalino, blanco, de sabor dulce y astringente que impide el crecimiento de microorganismos. Pero si el medio donde se adiciona está demasiado contaminado, su acción llega a ser nula. Es efectivo en condiciones de pH alrededor de 4,5 (p. 2).

En la tabla 2, se muestran las propiedades del benzoato de sodio

Tabla 2

Propiedades del benzoato de sodio

Propiedad	Benzoato de sodio
Fórmula	C ₇ H ₅ NaO ₂
Peso molecular	114.11
Pureza	99.50%
Solubilidad en agua (g/100 ml H ₂ O)	62

Fuente: Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.)

Dióxido de carbono: El dióxido de carbono (CO₂) ofrece a la bebida un sabor picante, ácido y espumoso. También actúa como conservante contra la levadura, el moho y las bacterias. Este debe ser de calidad alimentaria y libre de impurezas que pueden afectar el sabor o el olor del producto final.

La unidad de medida del CO₂ disuelto es “volúmenes del gas corregidos a la temperatura y presión normal (T = 0 °C y P = 101,325 kPa), por volúmenes de líquido. Conocido como volúmenes de CO₂” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 131).

La solubilidad del CO₂ en “el agua varía en función de la temperatura del agua y la presión del gas. Asimismo, se ve disminuida con el aumento de la temperatura y aumenta con el aumento de la presión” (Steen y Ashurst, 2006, p. 58). La NTP 214.001. (INDECOPI, 2012, p. 9), establece que las bebidas gasificadas deben tener una cantidad de CO₂ no menor de 1,5 volúmenes ni mayor de 5 volúmenes de CO₂.

Saborizantes: Según la NTP 214.001. (INDECOPI, 2012), “el saborizante es un producto que agregado a los alimentos y bebidas le proporcionan o intensifican y/o modifican el sabor y/o aroma”. (p. 3)

Saborizante natural: “Producto que contiene sustancias saborizantes naturales (producto con sabor y olor característicos de las cortezas, flores, frutos, rizomas, hojas o semillas de vegetales de la cual son obtenidos), adicionados o no de emulsionantes, enturbiantes, colorantes u otros aditivos alimentarios” (INDECOPI, 1985, p.2).

Saborizante artificial: “Producto que contiene sustancias saborizantes artificiales (producto obtenido sintéticamente de sustancias orgánicas o inorgánicas que tienen su sabor y olor característicos), adicionados o no de emulsionantes, acidulantes, colorantes u otros aditivos alimentarios” (INDECOPI, 1985, p.3).

Colorantes: Proporcionan un medio para presentar correctamente una bebida al consumidor. “Tanto la calidad como la cantidad de colores son de importancia, puesto que ciertos colores traerán a la memoria del consumidor un sabor en particular. Esto permitirá que el consumidor tenga una mejor apreciación de la bebida” (Steen, D y Ashurst, P, 2006, p. 73).

2.2.2 Fabricación

El proceso de fabricación de las bebidas carbonatas consiste básicamente en las siguientes operaciones:

Tratamiento del agua:

Según A DUE (s.f.) el Tratamiento de agua:

Permite emplear para fines productivos fuentes hídricas que de otra manera no podrían usarse. Es posible efectuar el tratamiento en aguas primarias, en aguas de red y en aguas brutas. Integrando el tratamiento junto con la producción, se puede ahorrar en los costos de gestión de las instalaciones El proceso de tratamiento del agua empleado en la industria de las bebidas gaseosas varía, pero puede incluir (p. 17)

Tratamiento químico:

Morrow, R y Quinn, C (2007) el proceso de tratamiento químico incluye:

El tratamiento incluye cloración para la desinfección y oxidación de algunas impurezas en el agua. Luego, pasa por un proceso de ablandamiento con el uso de cal para reducir su alcalinidad mediante la remoción de magnesio y bicarbonato de calcio. Los productos de reacción que se forman se eliminan por coagulación. Luego, los coagulantes, sulfato ferroso o sulfato de aluminio, reaccionan con los hidróxidos de calcio o magnesio para formar precipitados, estos se sedimentan y son eliminados del fondo del tanque de reacción. Cualquier precipitado residual es removido pasando el agua a través de un filtro de arena. La adsorción de carbón activado es usada para eliminar el cloro y cualquier otro compuesto orgánico, reduciendo así la posibilidad de indeseables olores o sabores (p.141).

El proceso se muestra en la siguiente figura 7.

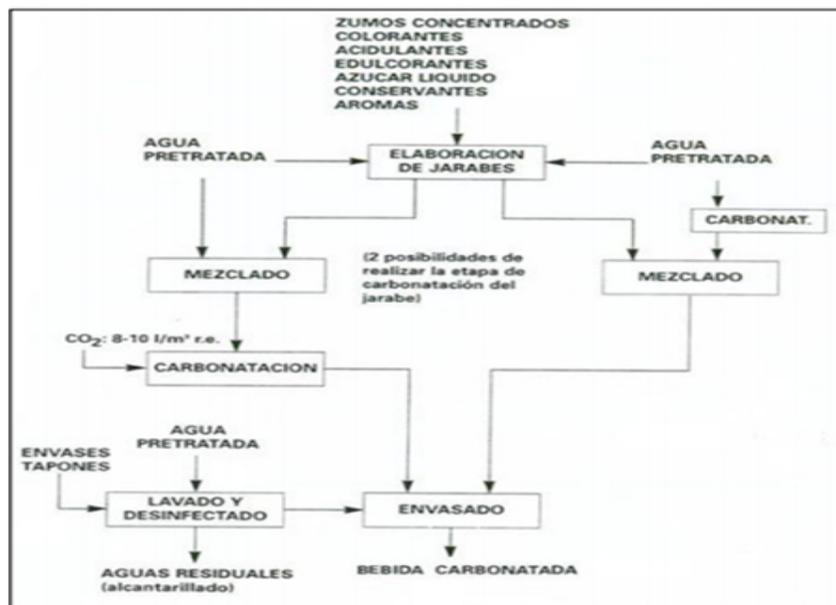


Figura 7. Diagrama del proceso de elaboración de bebidas carbonatadas

Fuente: Haskoning S.A. & Consejería del Medio Ambiente, (s.f.).

- **Osmosis inversa:** En este proceso el agua es bombeada a altas presiones a través de una membrana semipermeable, en donde “partículas y contaminantes microbiológicos son retenidos por el tamaño de los poros de la membrana. Los iones disueltos y materia orgánica son retenidos debido a que se ven afectados por la carga en la membrana” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 154).
- **Ultrafiltración:** Este proceso “remueve macromoléculas, microorganismos, partículas y pirógenos usando una membrana delgada selectivamente permeable” (Morrow, R y Quinn, C, 2007, p. 155).
- **Intercambio iónico:**

Morrow, R y Quinn, C (2007) se utiliza para:

Eliminar sales inorgánicas del agua. El proceso emplea intercambiadores de iones, que pueden ser intercambiadores de cationes, aniones o mixtos (catión y anión). Un intercambiador catiónico reemplaza cationes como el calcio, sodio, magnesio o potasio con iones de hidrógeno. El intercambiador aniónico reemplaza aniones como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros, con iones de hidróxido (p. 165).

Elaboración del jarabe: Primero se elabora el llamado “jarabe simple”, el cual consiste en la mezcla de azúcar con el agua tratada. Este proceso se efectúa en tanques de acero inoxidable (proceso tipo batch). El tanque se llena con agua y se lleva hasta una temperatura entre 80 a 90 °C, una vez alcanzada dicha temperatura se adiciona el azúcar.

Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) indica que:

Este jarabe se logra poniendo en marcha el agitador del tanque y agregando lentamente la cantidad de azúcar requerida para lograr la concentración deseada, que generalmente es entre 45 y 65 °Brix (°Bx), pero depende de lo que indica la formulación de la bebida (Luego, el jarabe simple pasa por un proceso de pasteurización y filtración, con el fin de eliminar cualquier impureza o contaminación microbiológica (p. 7)

Pasteurización: “Es un tratamiento térmico específico que impide que se den procesos de deterioro causados por enzimas y microorganismos patógenos, preservando las características físico-químicas y organolépticas del producto” (A DUE, s.f.).

Filtración:

Según Foust et al. (2006) la filtración es:

Un proceso mediante el cual, se separa un sólido del fluido en el cual se transporta. Esto se logra pasando el fluido a través de una membrana porosa. La membrana atrapa los sólidos y deja pasar el fluido, que puede ser líquido o gas. Para llevar a cabo este proceso de eliminar impurezas, se utilizan una serie de filtros (p. 654)

Algunos tipos de filtros son:

- **Filtro de tierras de diatomeas:** “Sistema usado para la filtración de soluciones azucaradas que tienen sólidos en suspensión. Se trabaja con soluciones de hasta 65 °Bx y temperaturas de hasta 85 °C “(A DUE, s.f.).
- **Filtro de malla:** “Este filtro tiene la finalidad de retirar sólidos de gran tamaño. El filtro consiste básicamente una malla metálica, de unos 20 mesh (0,85 mm), en el cual se separan los sólidos” (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).
- **Filtro prensa:**

Según Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) puede ser:

De placas horizontales o verticales, la capa filtrante generalmente es tela o papel filtro. El filtro, cuenta con dos manómetros que evalúan la caída de presión que se genera por la formación de precapas, las cuales generan taponamiento y disminuyen la velocidad con la que se mueve la mezcla (p.9)

Elaboración del jarabe terminado: “Una vez obtenido el jarabe simple y luego de filtrarlo, se procede a mezclar el resto de ingredientes según la formula; es decir, el colorante, las esencias, saborizantes, acidulantes, etc. A este jarabe final se le denomina jarabe terminado” (Red Institucional de Tecnologías Limpias, s.f.).

Carbonatación:

Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) indica que:

En este proceso el jarabe terminado se mezcla con agua tratada, hasta que la bebida tenga los grados Brix que indica en la formula. Luego, la bebida pasa al carbonatador en donde se enfría para luego ser mezclada con CO₂, esto se hace con el fin de aumentar la capacidad de la bebida para absorber el gas. El proceso de carbonatación consiste básicamente en inyectar CO₂ en la bebida terminada. Para ello, se toma en consideración el efecto de la temperatura del líquido y de la presión de gas. Como se sabe, un líquido frío absorbe mayor cantidad de CO₂ que uno caliente; además, se satura a menor presión y es más estable, por lo que disminuye las fugas de gas y formación de espuma en el llenado. (p. 11)

La carbonatación obtenida depende de los siguientes factores:

- Tiempo de contacto.
- Temperatura del líquido.
- Presión del gas.
- Composición del líquido.
- Cantidad de aire en el sistema.

Aspectos básicos a considerar en una bebida carbonatada: En la figura 8 se observan burbujas flotando en la superficie de la bebida, esto es debido a una disminución de presión en la bebida. Si consideramos una mezcla líquido gas en un envase cerrado, se dice que existe estado de equilibrio cuando la velocidad de salida del gas de la solución es igual a la que entra. Si se toma el envase y se agita, se pierde ese equilibrio; sin embargo, luego de un corto lapso de tiempo se vuelve a alcanzar esa condición de

equilibrio. Si la tapa se abre y se repite el mismo procedimiento anterior, se observará que antes de agitar, la botella es flexible pero después se hace dura.

Según Steen, D y Ashurst, P (2006) en este proceso:

El gas sale de la solución para alcanzar la condición de equilibrio, ocupando el espacio de cabeza y ejerciendo una presión en el envase. Si existe una disminución de presión, o aumento de temperatura, hará que la mezcla se vuelva sobresaturada, tal que la combinación de temperatura y presión es insuficiente para mantener parte del CO₂ en la solución. Por lo tanto, para un volumen dado, la cantidad de CO₂ que una solución puede mantener dependerá de ambos factores. A mayor temperatura, mayor la presión necesaria para mantener el CO₂ disuelto (p. 124).

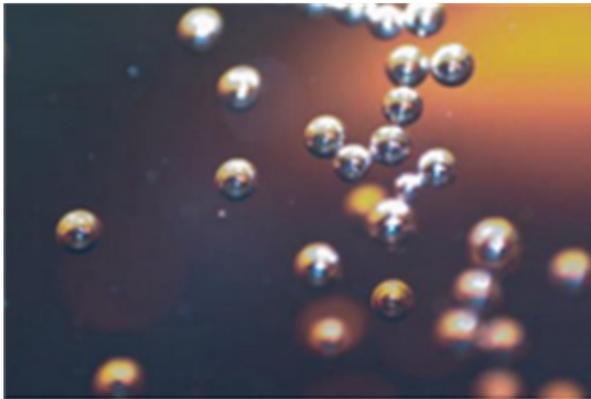


Figura 8. Burbujas de gas

Fuente: Steen y Ashurst (2006).

Según Steen, D y Ashurst, P (2006) indica que:

La unidad de medida del CO₂ disuelto es “volúmenes de CO₂”, que es volúmenes de gas corregidos a la temperatura y presión normal ($T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $P = 1\text{ atm}$) por el volumen del líquido. Recientemente, se ha expresado como gramos por litro (1 L de CO₂ en condiciones normales pesa 1,97 g) (p. 58).

Envasado:

De acuerdo a la Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) una vez carbonatada la bebida:

Pasa a la llenadora, que es el equipo que recibe el envase lavado y estéril. Luego, al salir las botellas, se encuentran con la coronadora o encapsuladora que se encarga de tapar el producto. Este proceso es muy importante, ya que un mal tapado puede causar fugas; y por otro lado, puede haber rotura del pico de una botella de vidrio si es que se encuentra muy apretado. Aspectos que se deben tomar en cuenta (p. 17)

- Características de las botellas en cuanto a su altura y anillo de coronado.
- Características de las tapas en cuanto a dureza y flexibilidad.

Tipo de coronado a utilizar: Para el llenado de envases retornables, estas deben ser lavadas exhaustivamente a fin de asegurar una correcta desinfección. El lavado se lleva a cabo en máquinas de dos o tres fases de inmersión en solución de soda cáustica y dos o tres fases de enjuague.

Para el caso de envases no retornables, “el proceso de lavado es más simple y consiste en una serie de boquillas que inyectan agua al interior de la botella” (Blog movimiento de energía, 2011, p. 5).

2.2.3 La tecnología de carbonatación

Para García, M (2013) los carbonatadores:

Generalmente no producen una bebida completamente saturada. La saturación completa de una bebida es difícil de lograr y además no es deseada. Pues, si se obtiene una bebida completamente saturada, cualquier variación en la presión ocasionaría que se vuelva sobresaturada (p. 25)

Un carbonatador generalmente produce una bebida carbonatada a un 90% de saturación. Esto se “puede ver reducido a un 70% de saturación, si la bebida contiene gran cantidad de aire o sedimentos” (García, M, 2013, p. 25).

Existen en la industria básicamente dos tipos de carbonatadores, los cuales se diferencian en cómo se realiza la mezcla del agua con el jarabe terminado:

- **Carbonatadores de batch:**

Para García, M (2013) en este tipo de carbonatadores de batch:

El agua y el jarabe terminado se encuentran en tanques diferentes, y existe un tercer tanque en el cual se mezclan (operación batch) gracias al trabajo ejercido por una bomba de succión, la que los obliga a recircular y luego a atravesar un intercambiador de calor. Por último, la mezcla a una temperatura entre 7 y 9 °C pasa al tanque de carbonatado, donde se mezcla con CO₂ (p. 26).

La figura 9 muestra cómo se lleva a cabo este proceso.

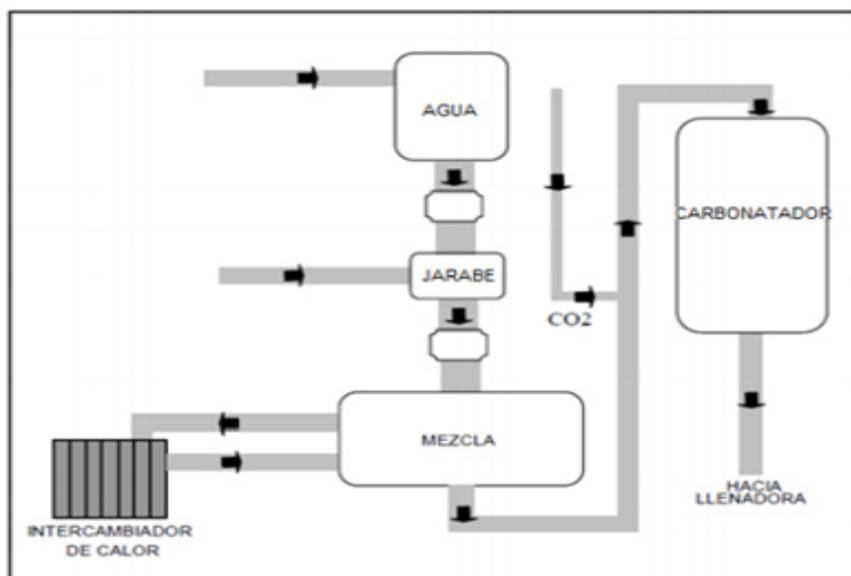


Figura 9. Sistema de carbonatación de batch.

Fuente: García M. (2013)

- **Carbonatadores por inyección:** En este sistema el agua y el jarabe terminado también se encuentran en tanques separados, pero la mezcla se da al inyectar el jarabe en la corriente de agua, que es trasladada a través del intercambiador de calor hasta llegar al tanque de carbonatado. Llega al tanque de carbonatado ya mezclado y enfriado, entre 7 y 9 °C, en donde adquiere la gasificación. En la figura 10 se esquematiza este proceso.

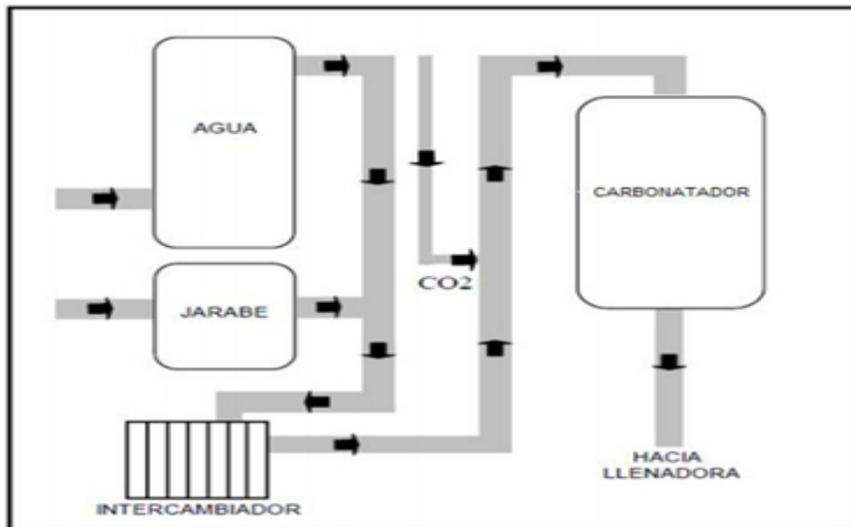


Figura 10. Sistema de carbonatación por inyección

Fuente: García, M (2013)

A continuación, se va a hablar de algunos equipos carbonatadores que existen en el mercado y se describirá cómo funcionan:

Carbonatador MSF 54/2:

Según García, M (2013) este tipo de carbonatador presenta:

Una capacidad de 10 000 a 18 000 L/h. Este equipo cuenta con un tanque de desaieración por el que pasa el agua y que funciona por medio de una bomba de vacío. Para la mezcla se inyecta el jarabe dentro de una corriente de agua desaierada; esta mezcla se controla bajo un principio de relación de masa a masa (x partes de jarabe / y partes de agua). La mezcla es

bombeada gracias a una bomba de carbonatación, a través de un intercambiador de calor, que enfría el producto hasta 2 °C. Luego, el CO₂ se mezcla dentro de la corriente del producto, a través del conjunto carbonatador, que está equipado con un elemento sinterizado de acero inoxidable de dos micrones por el que pasa el producto y el CO₂, por lo que la mezcla contiene burbujas de CO₂ de tamaño micrónico. Por último, hay un mezclado que se efectúa en un mezclador estático de CO₂, para luego pasar al tanque de estabilización, en donde se tiene una presión adecuada hasta ser enviada a la llenadora (p. 27).

En la Figura 11 se muestra este modelo de carbonatador

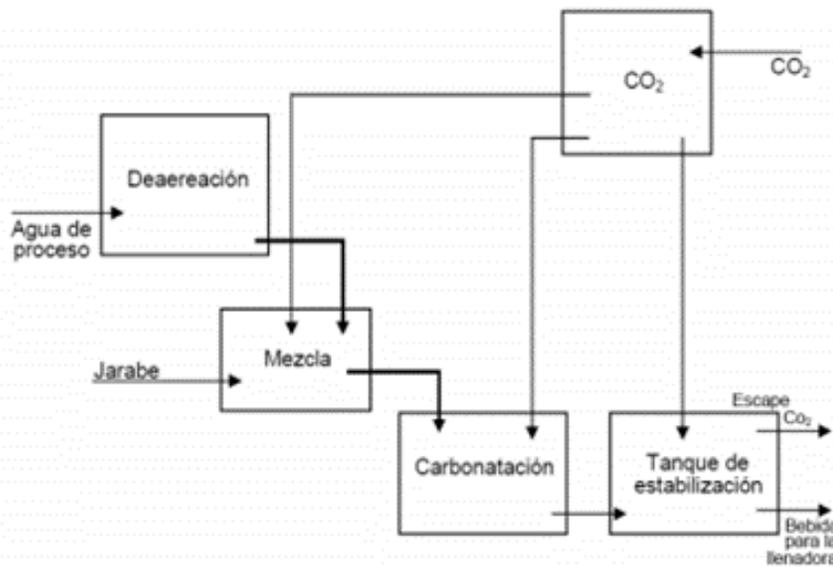


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso del equipo MSF 54/2

Fuente: García M. (2013)

Carbonatador Mojonier: Es un equipo que consta de un preenfriador de agua, desaireador y carbonatador.

Red Institucional de Tecnologías Limpias (s.f.) explica que:

El agua entra al preenfriador, donde se distribuye en placas verticales y pierde gran parte del aire disuelto. Luego, pasa al proporcionador en donde

se mezcla con el jarabe, para que al final pase al carboenfriador donde adquiere la temperatura requerida y se carbonata (p. 35).

En la Figura 12. Se muestra este tipo de Carbonatador

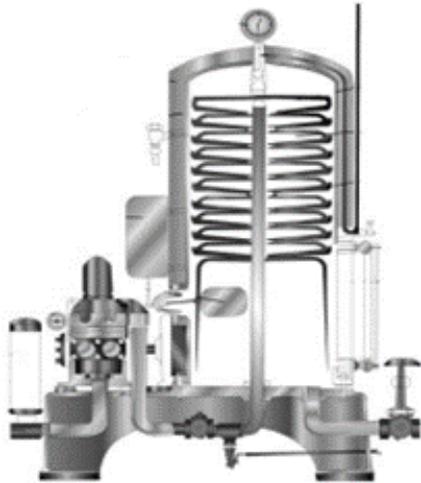


Figura 12. Carbonatador Mojonnier

Fuente: Red Institucional de Teconologías Limpias (s.f.).

Saturador: Este sistema cuenta con una bomba monotornillo para el suministro del agua al saturador y de un sistema de preinyección del CO₂ en línea. Además, está provisto de un regulador automático y registrador de CO₂, con funcionamiento electroneumático para la regulación de la presión del CO₂ en la columna de saturación en función de la temperatura del producto al entrar al saturador.

Según A DUE (s.f.) indica que:

El aporte de anhídrido carbónico se realiza a temperatura entre 2 y 4 °C, y a una presión de 6 bares. El contenido de CO₂ en la bebida varía entre 4 y 8 g/l. Asimismo, tiene una capacidad de 2 000 L/h a 10 000 L/h “(p. 78)

Ventmix:

Para A DUE (s.f.) este equipo:

Cuenta con una capacidad de 5 000 a 40 000 L/h y tiene una precisión en la dosificación del CO₂ de $\pm 0,1$ volúmenes. El equipo cuenta con una válvula de interceptación, la cual envía el líquido a la columna de desaireación/saturación hecha de acero inoxidable. También, cuenta con un grupo de inyección y dosificación del anhídrido carbónico, que produce una nebulización del CO₂ y permite una solubilidad del gas en el líquido más rápida, eficaz y uniforme del CO₂ (p. 89)

Sistema de carbonatación GEA Diessel: Es un sistema que ha sido diseñado para tener una alta precisión en la carbonatación de bebidas. Además del tanque de presión, el saturador, que funciona según el principio Venturi, es un componente esencial del sistema. Y gracias a una bomba de refuerzo, la bebida premezclada es enviada al saturador. La buena distribución del CO₂ en la bebida asegura una saturación rápida y logra una buena cantidad de espuma.

“El CO₂ se suministra directamente desde el tanque de presión. Hay una sobrepresión constante que garantiza una operación continua sin pérdida de CO₂” (GEA Group, 2013, p. 11).

Se puede tomar en cuenta la Figura 13 para determinar los valores de presión y temperatura a emplear durante la carbonatación en este sistema.

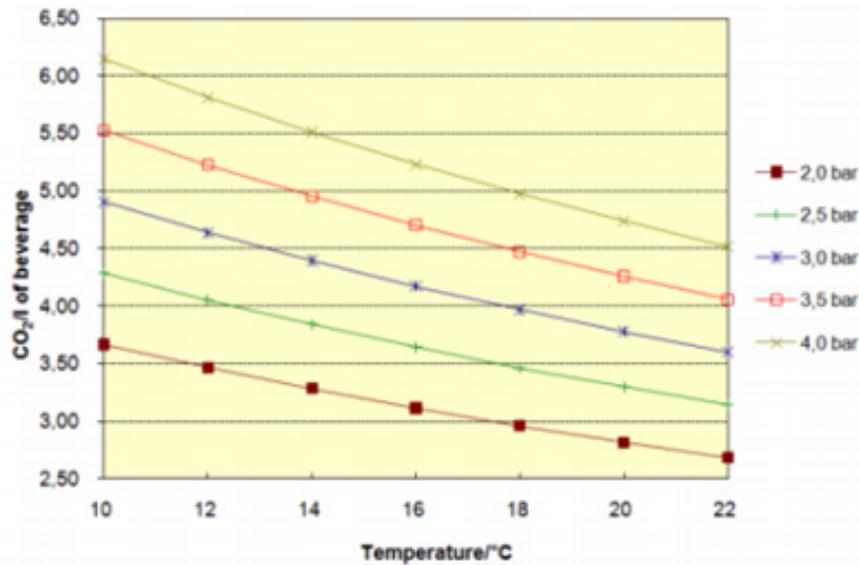


Figura 13. Saturación del CO₂ de la bebida.

Fuente: GEA Diessel GmbH, (2013).

FT102X: Este equipo consiste en un sistema de carbonatación combinado con un sistema de llenado. Se usa principalmente en laboratorios y permite preparar cantidades pequeñas de bebida reproduciendo lo que se haría a escala industrial.

La carbonatación se lleva a cabo mediante una bomba de recirculación, que hace circular al producto de un recipiente de 30 L a través del sistema de intercambio de calor y un tubo sinterizado, en el que se introduce el CO₂. La presión del recipiente de carbonatación es controlada mediante una unidad PLC11.

Para Armfield (s.f.) explica que:

Una vez carbonatada, la bebida pasa al cabezal de llenado a través de un intercambiador de calor largo, que enfría más la bebida con el fin de impedir la salida de CO₂. Se puede usar latas, botellas de plástico o de vidrio (p. 25)

Post-mix:

Según Servibev (s.f.) es usado:

Para facilitar el dispensado de bebidas en restaurantes, bares y comedores industriales. El sistema consiste en un dispensador en el que se realiza la mezcla del jarabe saborizado y concentrado, el cual es proporcionado en tanques retornables o en recipientes de bolsa, con agua enfriada y purificada y CO₂ proveniente de un tanque de gas. La bebida mezclada y carbonatada se dispensa por medio de una pistola o de las válvulas del dispensador (p. 5)

En la Figura 14.se muestra este equipo



Figura 14. Maquina Post-mix.

Fuente: The CHI Company (s.f.)

2.2.4 Evaluación sensorial de los alimentos

Ureña, M, et al (1999) la evaluación sensorial es:

Una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las

propiedades sensoriales de los alimentos, y que son percibidas por los cinco sentidos: la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (p. 56).

Está constituida por dos procesos definidos según su función:

- **Análisis sensorial:** Método experimental por el cual se “obtienen las apreciaciones de jueces a manera de datos, quienes evalúan las propiedades sensoriales de muestras presentadas adecuadamente, bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico” (Ureña, M, et al., p. 111).
- **Análisis estadístico:** Se encarga de transformar y valorar los datos obtenidos en el análisis sensorial para darle la objetividad deseada. Está dado por “la formulación de hipótesis, que se comprueba a partir de los resultados del tratamiento estadístico que se le da a los datos del análisis sensorial” (Ureña, M, et al., 1999, p. 115).

2.2.5 Los sentidos y propiedades sensoriales

De acuerdo con Ureña, M, et al. (1999) las propiedades sensoriales de los alimentos son:

- **Color:** Es la impresión que producen los rayos de luz reflejados por un objeto, y que es percibido por la vista.
- **Olor:** Percepción mediante la nariz de sustancias volátiles liberadas por ciertos estímulos, presión natural o por objetos. La cantidad mínima de sustancia necesaria para ser percibida se denomina “umbral de percepción”, que varía para cada olor y persona.
- **Gusto:** Es la sensación de sustancias capaces de ser percibidas por la lengua. Los gustos primarios posibles de ser percibidos son: salado, dulce, amargo y ácido, y las combinaciones de éstos.
- **Aroma:** Es la sensación de las sustancias olorosas de un alimento luego de haber sido puesto en la boca. Estas sustancias se disuelven en la boca llegando a los sensores del olfato para poder ser detectados.

- **Apariencia:** Es el aspecto exterior que presentan los alimentos, tal y como es su color, tamaño, forma, estado y características de su superficie; aspectos percibidos por la vista.
- **Sabor:** Es la interpretación psicológica a estímulos físicos y químicos causados por componentes volátiles y no volátiles del alimento, saboreados en la boca. El sabor resulta de la combinación de cuatro propiedades: olor, aroma, gusto y textura; lo que hace que su medición sea más compleja que la de cada propiedad por separado. Por ejemplo, si al probar un alimento uno se tapa la nariz, el sabor propio del alimento no se va a percibir pero si su gusto, es decir, si es salado, dulce, etc.
- **Textura:** Propiedad detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre deformación. El atributo evaluado en la deformación de un alimento sólido se llama textura, para el caso de un alimento semisólido se llama consistencia y para alimentos líquidos es viscosidad.
- **Rugosidad:** Esta propiedad es percibida a través del tacto. Se caracteriza la superficie de alimentos sólidos en base al grado de rugosidad como nada rugoso (liso), menos rugoso o muy rugoso.
- **Temperatura:** Es importante en la percepción de los componentes de los alimentos pues causa un efecto de mayor o menor disolución de éstos en la saliva.
- **Peso:** Esta propiedad determina la calidad del alimento. Un producto con mayor o menor peso puede denotar un determinado grado de deterioro, de madurez o alguna alteración, entre otras características propias del alimento.
- **Dolor:** Es una modalidad especial de sensibilidad que causa un estado de conciencia desagradable. Se debe a un exceso de estimulación de los órganos de los sentidos. El dolor puede ser ardiente (para el caso de probar algún alimento picante), lancinante, terebrante, agudo y pulsátil.
- **Adormecimiento:** Esta sensación es producida por la presencia de alcoholes en los alimentos. Cada una de las propiedades sensoriales descritas, pueden ser percibidas por nuestros sentidos (p. 157).

En la siguiente Tabla 3 muestra la relación que existe entre ellos.

Tabla 3

Relación entre las propiedades sensoriales y los sentidos

Propiedad sensorial	Sentidos
Color	Vista
Olor	Olfato
Gusto	Gusto
Aroma	Olfato
Apariencia	Vista
Sabor	Olfato, gusto
Textura	Oído, vista y tacto
Rugosidad	Oído, vista y tacto
Temperatura	Tacto
Peso	Tacto

Fuente: Grández, G. (2008)

Tipos de análisis sensorial

La evaluación sensorial se puede aplicar en el desarrollo de nuevos productos; la comparación, clasificación y mejoramiento de productos; la evaluación del proceso de producción; la reducción de costos y/o selección de una nueva fuente de abastecimiento; el control de calidad; el estudio de la estabilidad del alimento durante su almacenaje; determinación de la aceptación, preferencias y gustos del consumidor, así como “la adquisición de sus sugerencias; la formación de jurados y también en la correlación de las medidas sensoriales con las obtenidas por métodos físicos y/o químicos” (Ureña, M, et al., 1999, p. 58).

Según SensoFood Solutions (s.f.) para el desarrollo de nuevos productos, “pueden ser únicos o pueden ser variaciones o imitaciones de otros ya existentes. En cualquier caso se necesita información de los atributos sensoriales (análisis descriptivo) y de la relativa aceptabilidad de prototipos experimentales (análisis afectivo)” (p. 13)

Dentro de los principales análisis sensoriales que existen, se pueden clasificar en tres tipos

Análisis discriminativo: Basado en establecer la existencia de diferencias significativas entre dos o más productos. Existen muchas pruebas que se adaptan a las

necesidades de estudio y que permiten estudiar las diferencias causadas por un cambio en los ingredientes, en el proceso, el embalaje o el almacenamiento; y saber si hay diferencia entre productos alimentarios; o estudiar la vida útil y calidad de un alimento.

Análisis descriptivo: Permite la detección y descripción de todos los atributos sensoriales de un producto, convirtiendo estas pruebas en una de las herramientas más completas. El uso de pruebas como el análisis descriptivo-cuantitativo o el análisis de perfil del sabor, requiere de jueces entrenados. Con este análisis se puede definir las propiedades sensoriales de un nuevo producto, estableciendo un perfil sensorial; definir las propiedades para el control de calidad de los productos; llevar el control de un determinado atributo con el tiempo; y determinar la relación entre las propiedades sensoriales y las condiciones del procesado.

Análisis afectivo: Con estas pruebas se busca conocer la respuesta individual de consumidores frente a un determinado producto. La información obtenida en estas pruebas aporta interés práctico para la empresa, pues permite conocer las preferencias del consumidor, establecer el nivel competitivo del producto dentro de un sector, satisfacer las necesidades del consumidor (para mejora y optimización o adaptación y reformulación de productos) y asegurar la fidelidad del cliente frente al producto.

2.2.6 La Reducción de Merma

Se analizó los problemas existentes en la empresa identificando el más grande problema el aumento constante de merma, y junto a ello las causas raíces por la cual se da este problema.

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.

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 4 mostrada a continuación.

Tabla 4

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	2.70
Uso ineficiente del recurso hídrico	4	1	1	5	2.85
Tiempo excesivo por paradas de planta	2	5	4	2	3.20

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

De acuerdo a la Tabla 4, los problemas a solucionar serán el alto porcentaje de mermas y el tiempo excesivo por paradas de planta.

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 15, la cual muestra un diagrama causa - efecto.

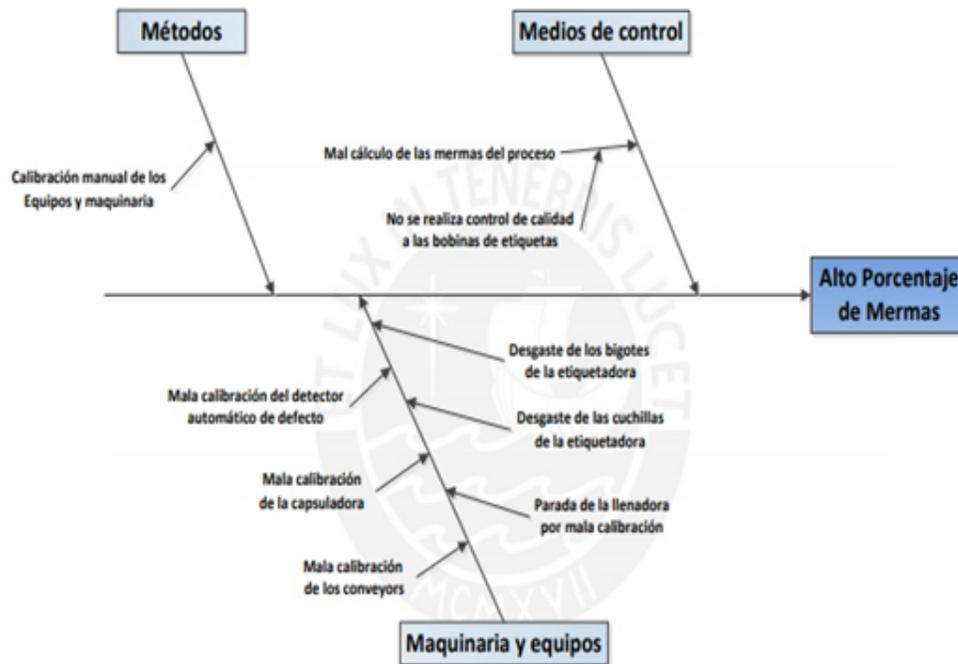


Figura 15. Diagrama Causa-Efecto para alto porcentaje de mermas

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 quedan destapadas durante 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.

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 que es colocada en una posición incorrecta, entonces se generan mermas de 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:

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

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.

Causas del tiempo excesivo por paradas de planta

Las causas de este problema se presentan en la Figura 16, 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.

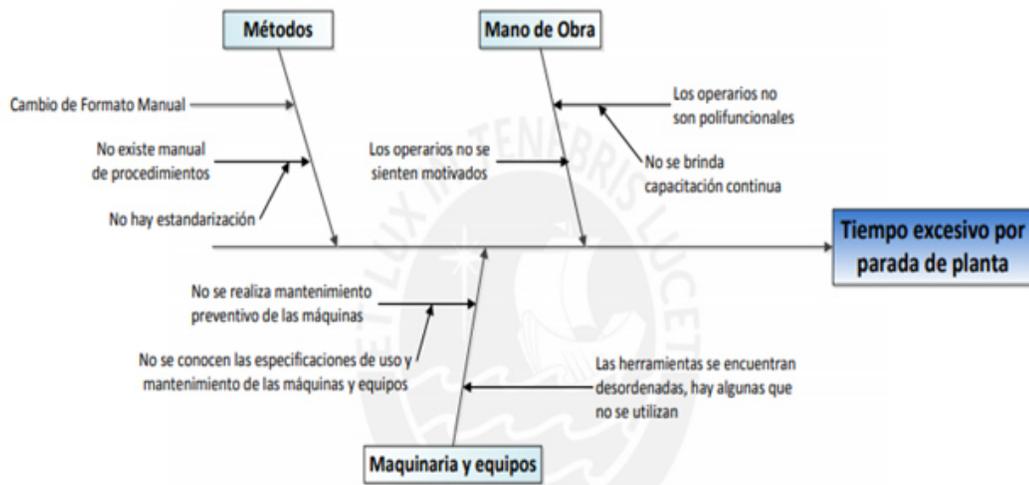


Figura 16. Diagrama Causa-Efecto para el tiempo excesivo por parada de planta

Fuente: Álvarez y De la Jara (2012)

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.

Propuestas de mejora

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 5 se presentan propuestas de mejora asociadas a dichas causas, asimismo, se detalla la frecuencia y responsable de la ejecución de la acción correctiva.

Tabla 5*Propuesta de mejora*

Causas vinculadas	Propuesta de mejora	Frecuencia	Responsable
Operarios especializados (no polifuncionales) Falta de capacitación a los operarios	Brindar capacitación y entrenamiento en buenas prácticas de manufacturas a los operarios, con el fin que aprendan a operar todas las máquinas y sean multifuncionales.	Mensual	Gerente de producción Departamento de Calidad
Falta de motivación de operarios	Colocar el mural de indicadores, de tal manera que se pueda apreciar el avance, eficiencia y metas, buscando la motivación del personal.	Actualización diaria	Área de recursos Humanos
Procedimiento del cambio del formato de no estandarizado Mala calibración de máquinas y equipos	Implementación de la metodología SMED y posterior elaboración de manuales para el cambio de formato.	Única vez	Jefe de planta
Procedimiento del cambio del formato de no estandarizado Mala calibración de máquinas y equipos	Realizar mejoras en los procedimientos de producción, específicamente en la operación de la maquinaria, y documentar los procedimientos involucrados.	Única vez	Jefe de planta Gerente de producción
Falta de control del proceso productivo Falta de motivación	Realizar círculos de calidad, para poder instruir a los operarios en las tareas a realizar	Diaria	Jefe de planta Departamento de producción
Inexistencia de mantenimiento preventivo	Realizar mantenimiento preventivo a todas las maquinas	Mensual	Jefe de planta Departamento de mantenimiento
Mala calibración de las máquinas y equipos Procedimiento manual de cambio de formato	Abastecer a la planta con herramientas necesarias para la realización de todos los trabajos.	Única vez	Jefe de planta Departamento de mantenimiento
Falta de motivación de operarios	Realizar eventos extracurriculares con el fin de generar integración entre los trabajadores.	Trimestral	Área de recursos humanos
Falta de control estadístico del proceso Mala calibración de las máquinas y equipos	Realizar un control estadístico del proceso para establecer límites mínimos y máximos de mermas que deberán cumplirse para cada lote de producción.	Semanal	Área de calidad de control

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.

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, P, 2009, p. 74).

Según Reyes, P (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” (p. 75)

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, M, 1992, p. 34).

Según Reyes, P (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. (p. 85)

Según Álvarez, C y De la Jara, P (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. (p. 113)

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 una espacio dentro de la planta de producción, el cual se muestra en la Figura 17, en donde se ubiquen carros porta herramientas, mostrados en la Figura 18, 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.

Además de contar con un manual de procedimientos, será dejada al costado de cada máquina en el turno anterior al cambio de formato.

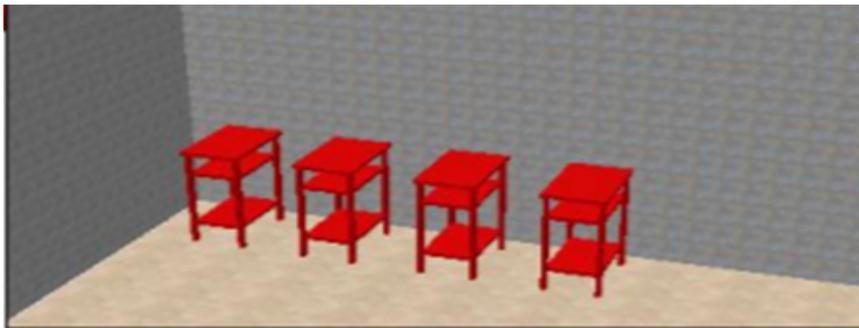


Figura 17. Disposición de los carros porta herramientas en la planta

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)



Figura 18. Carro porta herramientas

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se muestran las listas de comprobación para cada una de estas máquinas:

Tabla 6

Lista de comprobación en la Empacadora

Personal Requerido	Cantidad	Conformidad
Operario	1	
Herramientas	Cantidad	Conformidad
Llave Allen 5 mm	1	
Llave Allen 6 mm	1	
Llave Allen 4 mm	1	
Llave francesa #12	1	
Llave Allen 3 mm	1	
Llave Allen 2.5 mm	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	1	
Wincha	1	
Materiales o insumos	Cantidad	Conformidad
Carrito para herramientas	1	

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 7

Lista de comprobación en el Triblock

Personal Requerido	Cantidad	Conformidad
Operario	1	
Herramientas	Cantidad	Conformidad
Llave Allen 5 mm	1	
Llaves mixtas #10	1	
Llaves mixtas #17	1	
Llave Allen 4 mm	1	
Llaves mixtas #19	1	
Llaves mixtas #13	1	
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	

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 8

Lista de comprobación en el Despaletizador

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

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 9

Lista de comprobación en la Etiquetadora

Personal Requerido	Cantidad	Conformidad
Operario	2	
Herramientas	Cantidad	Conformidad
Llave de Allen #15	1	
Destornillador estrella	1	
Llave de boca #10	1	
Llave Allen #3	1	
Materiales o insumos	Cantidad	Conformidad
Carrito para herramientas	1	

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 19 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.

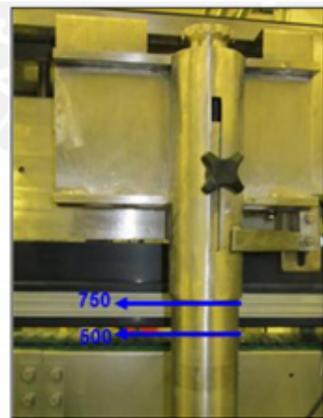


Figura 19. Marcas en el sensor de la tapadora

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 10 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 11, con una reducción de tiempo de 15 minutos. En la Tabla 12, correspondiente al depaletizador, se ve una mejoría del tiempo del cambio de formato de 10 minutos. Por último, en la Tabla 13 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 10

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 barandas y los sujetadores, en el área de los pusher, según presentación	x		Ajustes	35
7	Regular 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

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 11**Análisis de Preparación de Preparación del Triblock**

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

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 12**Análisis de Preparación del Despaletizador**

Nº	Actividad	Categoría			Tiempo (min)
		Interna	Externa	Tipo	
1	Regulación de barandas	x		Ajustes	50
2	Regular altura del conveyer	x		Ajustes	30
3	Regular la altura de la guía a la entrada del conveyer aéreo	x		Ajustes	12
4	Regulación del sensor de transfer	x		Ajustes	10
5	Guías del transportador aéreo	x		Ajustes	240
Total Tiempos:		92	0	Total	342

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Tabla 13

Análisis de Preparación de la Etiquetadora

N°	Actividad	Categoría			Tiempo (min)
		Interna	Externa	Tipo	
1	Cambiar tornillos sinfin 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 kas 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	10
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

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Plan de Capacitación

En la figura 20, 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, en la figura 21, se presenta el plan de capacitación a implementar en la empresa.

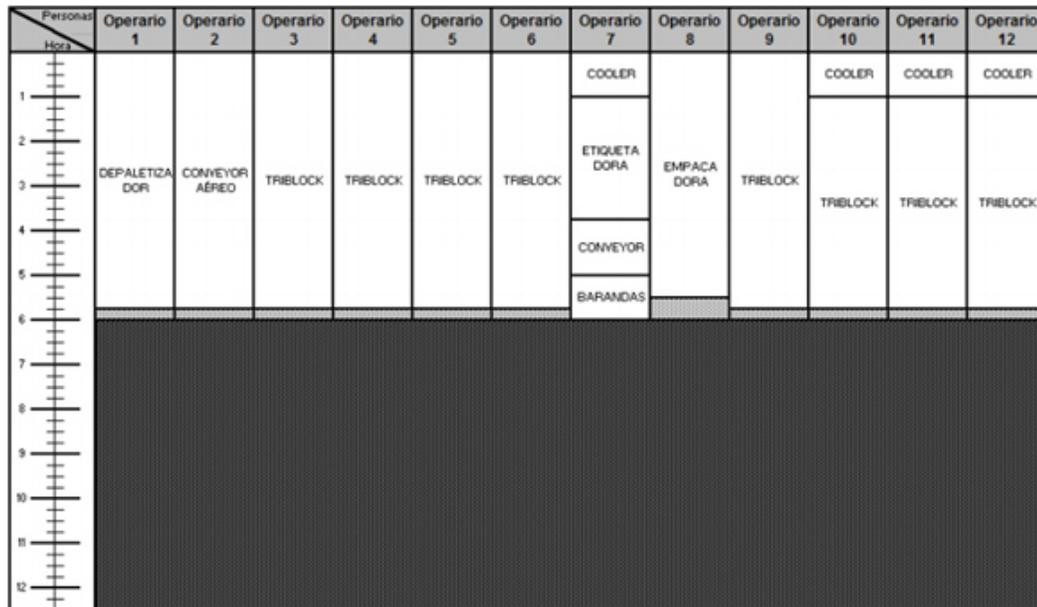


Figura 20. Diagrama Multi actividades Hombre - Máquina

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.	Supervisor 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 máquinas, 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.		

Figura 21. Plan de Capacitación

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.

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.

Herramienta para la mejora:

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, M, 2013, p. 41). En los Gráficos de Control, tal como se muestra en la figura 22, 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 $K = 3$

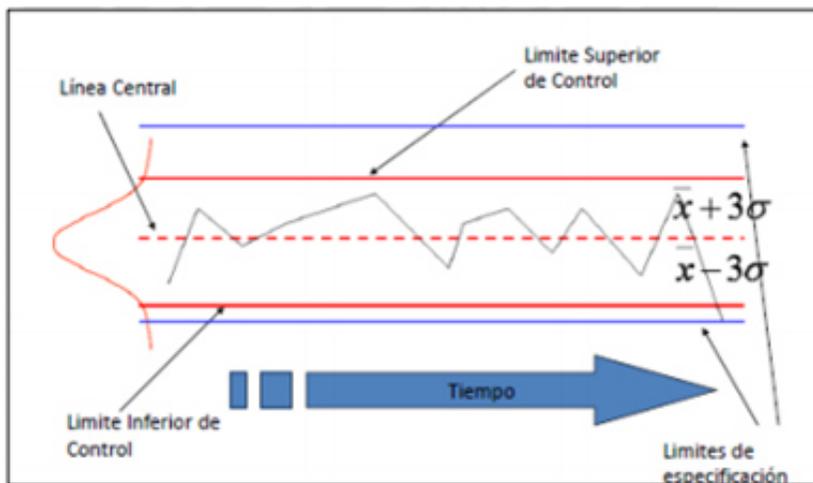


Figura 22. Gráfico de Control

Fuente: Gracia (2010)

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 figura 23, para las mermas de botellas, tapas, y etiquetas.

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%

Figura 23. Muestra para presentación de 500 ml

Fuente: Álvarez y De la Jara (2012)

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 14 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 14

Muestra de las bobinas de etiquetas

Nº	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: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 15, 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 15

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%

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.

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 16 se presenta el listado de costos a incurrir para la implementación de las mejoras.

Tabla 16

Costos de Implementación de las mejoras

Item	Frecuencia	Costo (S/.)
Plan de capacitación a los operarios	Anual	1,200.00
Carro para 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	1,500.00
Revisión de manuales de procesos	Anual	500.00
Total		4,150.00

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Considerando las 50 horas mensuales de parada de planta, la producción mensual actual por cada presentación se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Producción mensual actual

Presentación	Total horas disponibles	% Tiempo asignado	Horas disponibles	Botellas/hora	Botellas/mes
500 ml	670	70%	469.00	16,200	7,597,800
750 ml		30%	201.00	10,800	2,170,800

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 18.

Tabla 18

Producción mensual futura

Presentación	Total horas disponibles	% Tiempo asignado	Horas disponibles	Botellas/hora	Botellas/mes
500 ml	682	70%	477.40	16,200	7,733,880
750 ml		30%	204.60	10,800	2,209,680

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Analizando los gráficos anteriores, se presenta a continuación el análisis de costo beneficio, el cual se ilustra en la Tabla 19.

Tabla 19

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
Razón	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.

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 20.

Tabla 20

Unidades mermadas situación actual

Presentación	Producción mensual	Mermas					
		Botellas		Botellas		Botellas	
		%	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	49,694	2.07	44,979

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

Con la mejora planteada se logran reducir las mermas tal como se presenta en la Tabla 21 a continuación.

Tabla 21

Unidades mermadas situación futura

Presentación	Producción mensual	Mermas					
		Botellas		Botellas		Botellas	
		%	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

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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 22.

Tabla 22

Costo y ahorro de la mejora

	Costo total (S/.)		Ahorro	
	Actual	Futuro	S/.	%
Botellas	6,990.53	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%

Fuente: Álvarez, C y De la Jara, P (2012)

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.

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.

2.3 Definición de términos básicos

ITINTEC

La norma técnica (NT) es un documento que contiene definiciones, requisitos, especificaciones de calidad, terminología, métodos de ensayo o información de rotulado. La elaboración de una NT está basada en resultados de la experiencia, la ciencia y del desarrollo tecnológico, de tal manera que se pueda estandarizar procesos, servicios y productos. La norma es de carácter totalmente voluntario.

INDECOPI

Es un Organismo Público Especializado adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros, con personería jurídica de derecho público interno. En consecuencia, goza de autonomía funcional, técnica, económica, presupuestal y administrativa (Decreto Legislativo No 1033).

Dióxido de Carbono

Es un gas incoloro y vital para la vida en la Tierra. Este compuesto químico se encuentra en la naturaleza y está compuesto de un átomo de carbono unido con enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno. El CO₂ existe en la atmósfera de la Tierra como gas traza a una concentración de alrededor de 0,04 % (400 ppm) en volumen. Las fuentes naturales incluyen volcanes, aguas termales, géiseres y es liberado por rocas carbonatadas al diluirse en agua y ácidos. Dado que el CO₂ es soluble en agua, ocurre naturalmente en aguas subterráneas, ríos, lagos, campos de hielo, glaciares y mares. Está presente en yacimientos de petróleo y gas natural.

Edulcorantes

Se le llama edulcorante a cualquier sustancia, natural o artificial, que edulcora, es decir, que sirve para dotar de sabor dulce a un alimento o producto que de otra forma tiene sabor amargo o desagradable. Dentro de los edulcorantes encontramos los de alto valor calórico, como el azúcar o la miel por mencionar algunos, y los de bajo valor calórico, que se emplean como sustitutos del azúcar. En ambos tipos encontramos edulcorantes naturales y artificiales. Pero la mayoría de los edulcorantes bajos en calorías son de origen artificial. A los sustitutos del azúcar en general se refiere este artículo.

Edulcorante nutritivo

La mayoría de los edulcorantes nutritivos que se usan para reemplazar el azúcar tienen calorías. Simplemente es otra manera de endulzar los alimentos y en ocasiones endulzan un poco más y se ocupa menos cantidad por ejemplo la fructuosa (Azúcar BC), fructuosa cristalizada, glucosa, dextrosa, miel, lactosa, maltosa, jugo de frutas concentrado son algunos ejemplos de los edulcorantes nutritivos.

Edulcorante no nutritivo

Los Edulcorantes no nutritivos no contienen calorías. Algunos ejemplos de estos son Aspartame (Nutrasweet), Sucralosa (Splenda) y Stevia son los más comunes. Ayudan a añadir dulzor a la comida o bebidas. Tienen un dulzor intenso que solo se necesitan en pequeñas cantidades.

Ácido fosfórico

El ácido fosfórico (a veces llamado ácido ortofosfórico) es un compuesto químico ácido (más precisamente un compuesto ternario que pertenece a la categoría de los oxácidos) de fórmula H_3PO_4 . No se debe usar agua para eliminar este químico, puesto que esta produce su activación.

Conservantes

Un conservante es una sustancia utilizada como aditivo alimentario, que añadida a los alimentos (bien sea de origen natural o de origen artificial) detiene o minimiza el deterioro causado por la presencia de diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos).

Benzoato de sodio

El benzoato de sodio, también conocido como benzoato de sosa o (E211), es una sal del ácido benzoico, blanca, cristalina y gelatinosa o granulada, de fórmula C_6H_5COONa . Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos.

Saborizantes

Los saborizantes son preparados de sustancias que contienen los principios sávido-aromáticos, extraídos de la naturaleza (vegetal) o sustancias artificiales, de uso permitido en términos legales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ya sea para reforzar el propio.

Colorantes

Los colorantes alimentarios son un tipo de aditivos alimentarios que proporcionan color a los alimentos (en su mayoría bebidas), si están presentes en los alimentos se consideran naturales y si por el contrario se añaden a los alimentos durante su preprocesado mediante la intervención humana se denomina artificiales.

Ultrafiltración

La ultrafiltración (UF) es un proceso de separación de membrana que permite la reducción de los sólidos suspendidos como partículas, coloides, quistes, bacterias y virus por medios mecánicos. Las membranas de UF eliminan los sólidos suspendidos en base al tamaño del poro.

Pasteurización

Procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante un corto período de tiempo enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido, "la pasteurización no altera el sabor y composición de los alimentos.

Carbonatación

La carbonatación es una reacción química en la que el hidróxido de calcio reacciona con el dióxido de carbono y forma carbonato cálcico insoluble:

SMED

En gestión de la producción, SMED (acrónimo de Single-Minute Exchange of Die) es un método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta de un solo dígito de minutos.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis Principal

La reducción de la pérdida de CO₂ reducirá el costo de producción

3.1.2 Hipótesis Secundarias

- a) Estableciendo el procedimiento de descarga de CO₂ se reducirá el costo de producción.
- b) Estableciendo un programa de mantenimiento preventivo se reducirá el costo de producción.
- c) La estandarización de los métodos de trabajo reducirá el costo de producción.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

Merma de CO₂:

Hacer que disminuya el volumen o la cantidad de cierta cosa. Consumirse o perderse.

Costo de producción:

Estimaciones monetarias de todos los gastos que ha incurrido la empresa para la elaboración de un bien o servicio. Abarca lo referente a la materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación.

3.2.2 Operacionalización de las variables

Merma de CO₂, es la cantidad del insumo adquirido que no interviene en la producción de bebidas carbonatadas. Generalmente, se pierde en el ambiente y representa gasto para la empresa embotelladora.

Se mide esta variable mediante los siguientes indicadores:

- Si se implementa un procedimiento de descarga de CO₂ y se mide por la cantidad de volumen del insumo a comprar
- Si se implementa un programa de mantenimiento preventivo, se mide por la cantidad de fugas por averías identificadas al mes.
- Si se estandariza el método de trabajo, se mide por la cantidad de paradas de línea al mes.

Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub-Indicadores / Fórmulas	Tipo / Fuentes
Variable Independiente						
Merma de CO2	Hacer que disminuya el volumen o la cantidad de cierta cosa. Consumirse o perderse	Cantidad de CO2 que no interviene en el proceso productivo representando gasto. Se pierde al ambiente.	Implementación de Procedimiento de Descarga de CO2	No se implementa: 0 Se implementa: 1	Cantidad de volumen a comprar	Empresas clientes de Praxair
			Implmentación de un programa de Mantenimiento Preventivo	No se implementa: 0 Se implementa: 1	Cantidad de fugas por averías identificadas al mes	Empresas de Mantenimiento de Tuberías y sistemas hidráulicos
			Estandarización de Métodos de Trabajo	No se estandariza: 0 Se estandariza: 1	Cantidad de paradas de línea al mes	Empresas de Tecnología para máquinas de Embotellado
Variables Dependientes						
Costo de Producción	Estimaciones monetarias de todos los gastos que ha incurrido la empresa para la elaboración de un bien o servicio. Abarca lo referente a la materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación.	Desenvolso monetario o inversión en la que incurre la empresa para la compra de materiales, pago de mano de obra y pagos de servicio que para poder producir las bebidas carbonatadas.	Costo de Producción	No se reduce: 0 Se reduce: 1	Cantidad de Utilidad Neta	Empresas Industriales de alimentos y bebidas

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación se utilizó un tipo de investigación explicativa, ya que detalla la situación inicial de la empresa y muestra los 3 casos en el que se produce merma de CO₂, asimismo muestra la relación directa entre las variables.

Nivel de investigación

La presente investigación se utilizó un nivel aplicado porque desarrollamos propuestas de mejora para poder evaluar el impacto que tiene en el costo de producción.

4.2 Diseño de investigación

La investigación fue pre-experimental, porque los cambios se hacen antes y después de realizar el procesamiento de los resultados.

Tuvo un enfoque cuantitativo porque las variables resultan en cantidades de volumen de CO₂ y de manera monetaria con respecto al costo de producción.

Para realizar la investigación se analizó 03 casos donde ocurre la merma de CO₂.

En el primer caso, durante la descarga de CO₂, se obtuvieron valores con respecto al peso inicial del camión cisterna con el gas y posterior peso después de haber realizado la descarga. Esta diferencia de pesos de entrada y salida, nos da un valor teórico de cuanto es lo que se descarga al sistema. Se implementó el procedimiento para descargas (Ver anexos) en donde indica los pasos a seguir para controlar y mediar con exactitud la cantidad de gas que es descargado a través del camión cisterna al tanque pulmón. Anteriormente se descargaba directamente al tanque principal, lo que hacía difícil la medición.

En el segundo caso, se identificó las fugas durante todo el recorrido del CO₂ en las tuberías, haciendo la prueba de la burbuja en todas las tuberías, uniones, codos, válvulas, etc. Contabilizándolas para darles mantenimiento.

En el tercer caso, durante el arranque, se detectó y contabilizó los malos arranques en la línea y que los ocasiona para poder establecer un trabajo uniforme.

4.3 Población y muestra

Población

Los registros semanales de producción de bebidas carbonatadas del año 2018.

Muestra

La muestra va a ser a conveniencia considerando los registros del mes de enero a mayo del presente año (situación antes de la mejora) y los registros de los meses de junio a agosto, en donde se realizó la mejora, para poder identificar si efectivamente existe relación directa entre las variables de estudio.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se tomó en cuenta los registros de consumo de CO₂ en todas las fases del proceso productivo, así como también, la identificación de los puntos en donde se hallaron las pérdidas de este insumo.

Se utilizó la búsqueda documental de los registros anteriores de los reportes de producción para observar la tendencia del costo y la pérdida. También, se utilizó la observación para hallar las fugas de gas y anotamos la frecuencia en las que se presentan estos casos. Finalmente, se consolidó esta información para poder realizar el comparativo una vez que realicemos la implementación de la mejora.

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Los registros obtenidos de cada situación en donde se muestra la merma de CO₂ que fueron anotados de forma manual, han sido consolidados en una base de datos en Excel para poder trabajarlos de manera conjunta y así, poder analizar los resultados como el promedio mensual de pérdidas que son, posteriormente analizados en el programa SPSS para comprobar las hipótesis planteadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Presentación de los resultados

En la tabla 23 se presenta la distribución de los registros analizados. En la figura 24, se grafica de manera porcentual:

Tabla 23

Distribución de los grupos de estudio

Grupo	Frecuencia	Porcentaje
Antes de la mejora	22	62.9%
Después de la mejora	13	37.1%
Total	35	100.0%

Fuente: Elaboración propia

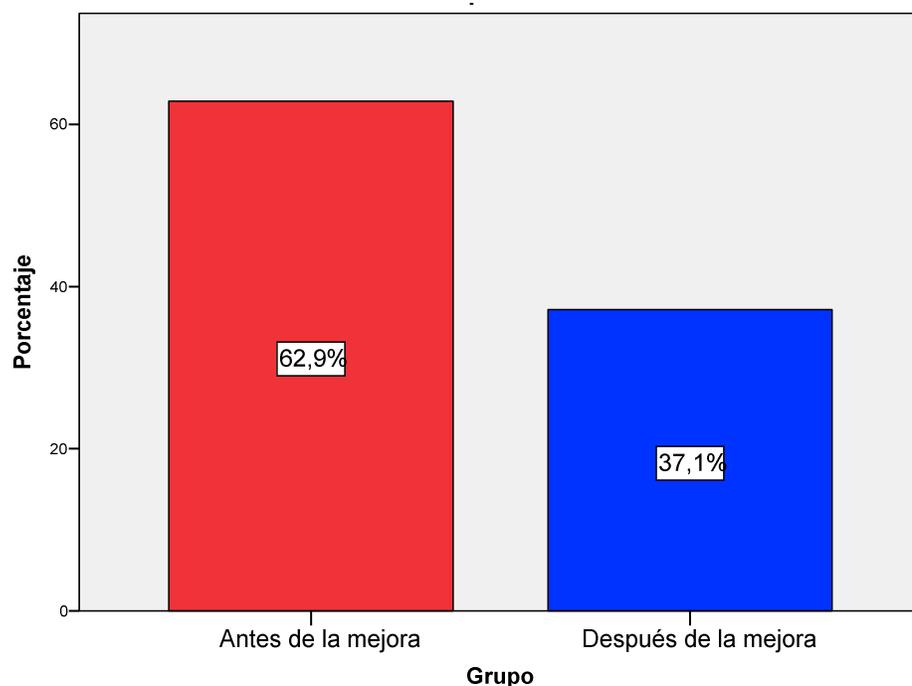


Figura 24. Distribución de los grupos de estudio

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 23, podemos observar que la muestra tomada antes de la mejora representa el 62.9% y la muestra tomada después de la mejora representa el 31.7%. Esta distribución está establecida en la determinación del tamaño de muestra.

Asimismo, se realiza el análisis con cada uno de los factores que contribuyen con la pérdida de CO₂:

De la tabla 24, podemos observar que antes de la mejora se tiene una pérdida promedio por Carga de S/ 8,726.73 con una desviación estándar de $\pm S/ 1,817.79$; mientras que después de la mejora se tiene una pérdida promedio por Carga de S/ 8,532.07 con una desviación estándar de $\pm S/ 2,499.24$

Tabla 24

Perdidas por Carga (S/) antes y después de la mejora

Grupo	Media	Desviación Estándar	n
Antes de la mejora	8,726.73	1,817.79	22
Después de la mejora	8,532.07	2,499.24	13

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se muestra el Diagrama de Cajas de las pérdidas por Carga

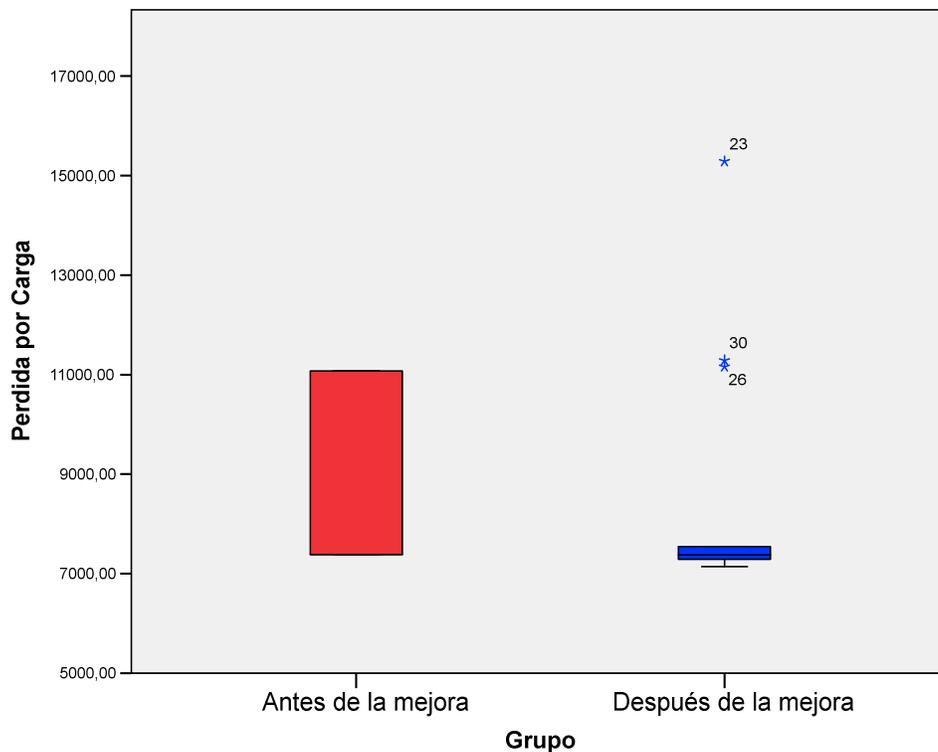


Figura 25. Diagrama de caja de las pérdidas por Carga (S/)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 25, podemos observar que antes de la mejora se tiene una pérdida promedio por Arranque de S/ 19,742.16 con una desviación estándar de $\pm S/ 14,348.81$; mientras que después de la mejora se tiene una pérdida promedio por Carga de S/ 4,236.60 con una desviación estándar de $\pm S/ 4,349.96$

Tabla 25

Perdidas por Arranque (S/) antes y después de la mejora

Grupo	Media	Desviación Estándar	n
Antes de la mejora	19,742.16	14,348.81	22
Después de la mejora	4,236.60	4,379.96	13

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se muestra el Diagrama de Cajas de las pérdidas por Arranque de línea

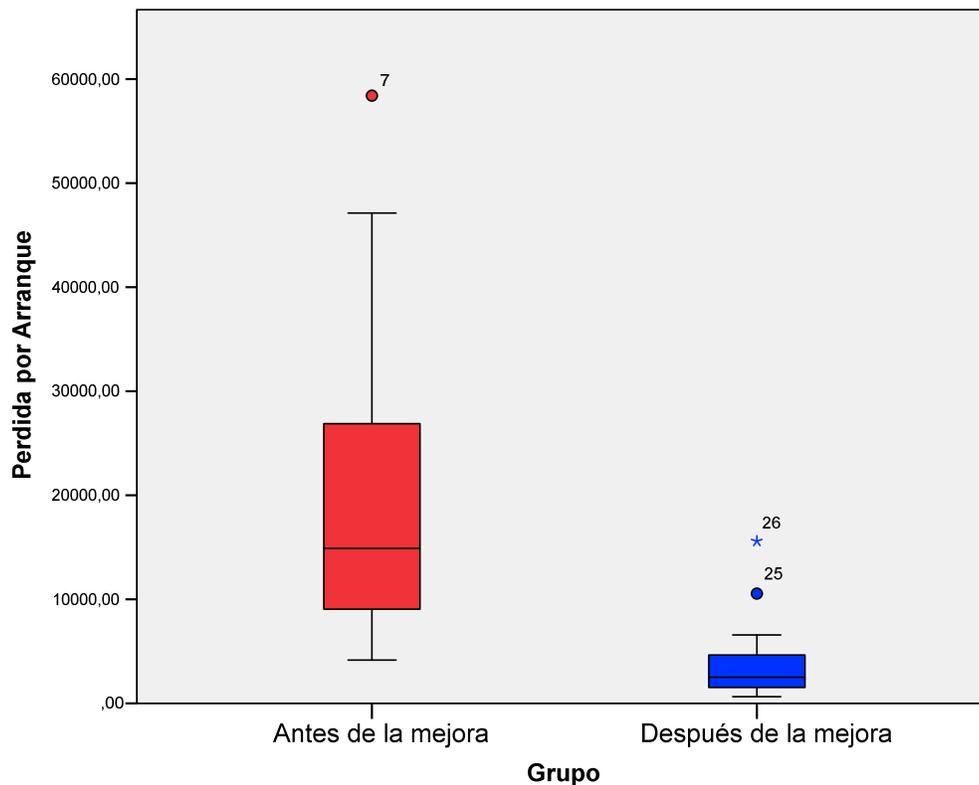


Figura 26. Diagrama de caja de las pérdidas por Arranque (S/)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 26, podemos observar que antes de la mejora se tiene una pérdida promedio por Fuga de S/ 4,777.48 con una desviación estándar de $\pm S/ 3,626.55$; mientras que después de la mejora se tiene una pérdida promedio por Carga de S/ 1,385.01 con una desviación estándar de $\pm S/ 592.08$.

Tabla 26

Perdidas por Fuga (S/) antes y después de la mejora

Grupo	Media	Desviación Estándar	n
Antes de la mejora	4,777.48	3,626.55	22
Después de la mejora	1,385.01	592.08	13

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se muestra el Diagrama de Cajas de las pérdidas por Fugas

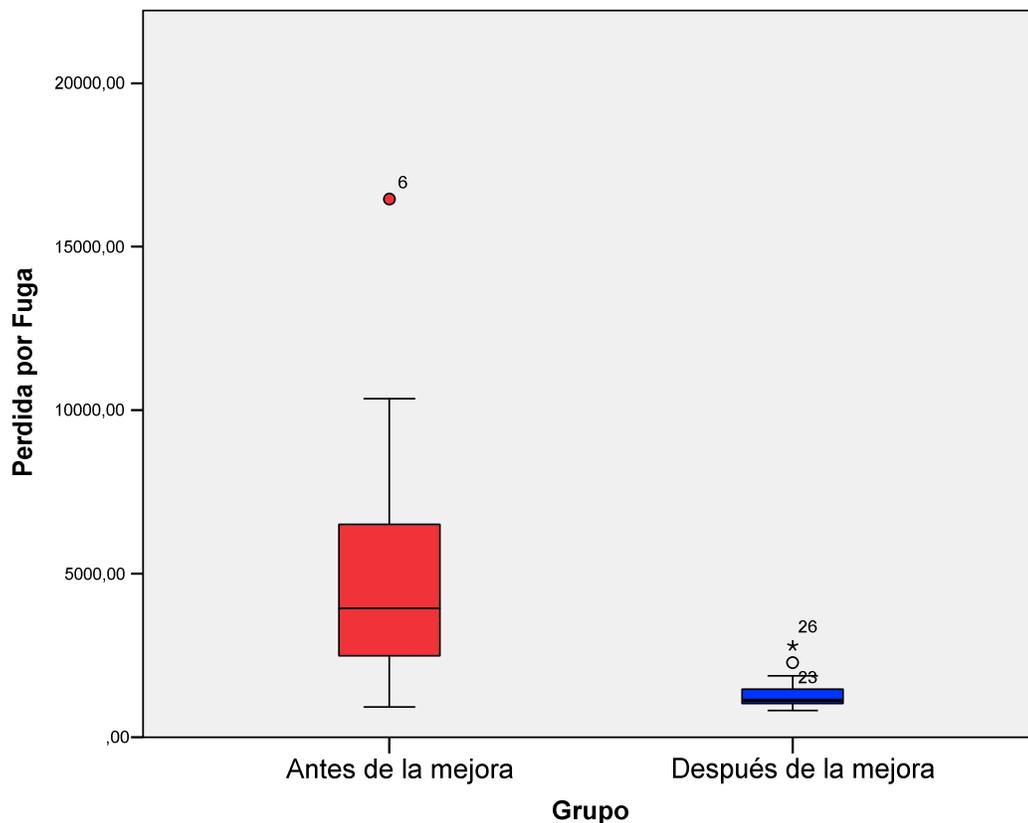


Figura 27. Diagrama de caja de las pérdidas por Fuga (S/)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 27, podemos observar que antes de la mejora se tiene una pérdida Total promedio de S/ 33,246.07 con una desviación estándar de \pm S/ 16,109.59; mientras que después de la mejora se tiene una pérdida Total promedio de S/ 14,153.68 con una desviación estándar de \pm S/ 6,407.89

Tabla 27

Costo de la Merma (S/) antes y después de la mejora

Grupo	Media	Desviación Estándar	n
Antes de la mejora	33,246.07	16,109.59	22
Después de la mejora	14,153.68	6,407.89	13

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se muestra el Diagrama de Cajas de merma total en S/

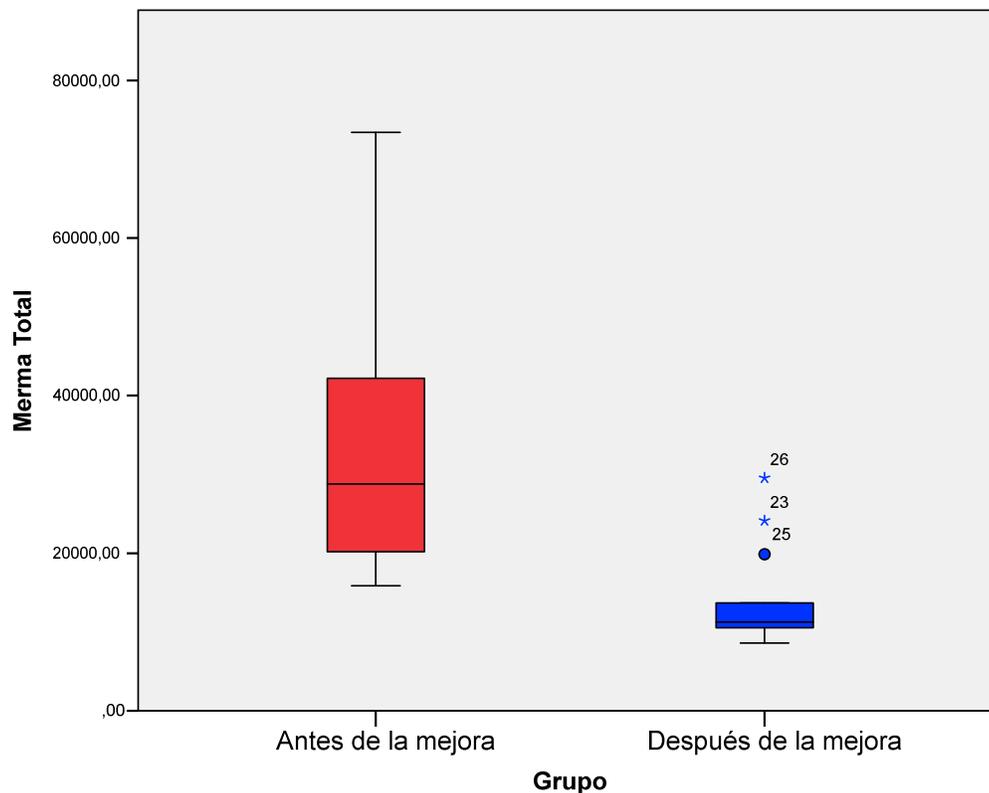


Figura 28. Diagrama de caja de las Merma Total (S/)

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados

5.1.1 Prueba de Normalidad

En la tabla 28, se realiza la prueba de normalidad para saber la parametrización de los datos.

Tabla 28

Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk

Grupo	Descripción	Estadístico	gl	Valor p
	Perdida por Carga	0.613	22	0.000
Antes de la mejora	Perdida por Arranque	0.861	22	0.005
	Perdida por Fuga	0.834	22	0.002
	Merma Total	0.885	22	0.015
Después de la mejora	Perdida por Carga	0.609	13	0.000
	Perdida por Arranque	0.776	13	0.004
	Perdida por Fuga	0.833	13	0.017
	Merma Total	0.780	13	0.004

Fuente: Elaboración propia

Planteamiento de hipótesis

H₀: La distribución de los datos se ajusta a una distribución normal

H₁: La distribución de los datos no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Regla de decisión: Si p valor $\geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta la H₀

Si p valor $< 0.05 \rightarrow$ Se rechaza la H₀

Del análisis de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, tenemos que todas las variables no siguen una distribución normal ($p < 0.05$), con lo cual para la comprobación de las hipótesis de la investigación se utiliza estadística inferencial no paramétrica, en específico, la prueba de U de Mann Whitney.

5.1.2 Comprobación de Hipótesis

Hipótesis General

La reducción de la pérdida de CO₂ reducirá el costo de producción.

Para probar esta hipótesis, la tabla 29, se muestran los datos de la prueba U de Mann Whitney

Planteamiento de Hipótesis

H₀: La implementación de la mejora de los procesos **no reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

H₁: La implementación de la mejora de los procesos **si reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Regla de decisión: Si p valor $\geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta la H₀
Si p valor $< 0.05 \rightarrow$ Se rechaza la H₀

Tabla 29

Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis General

Grupo	Media	Rango promedio	U	Valor p
Después de la mejora	14153.68	9.00	86.5	0.000
Antes de la mejora	33246.07	23.32		

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de U de Mann Whitney, podemos establecer que los costos de la Merma Total de CO₂ se reducen ($p<0.05$) luego de la implementación de mejora de los procesos en una empresa productora de bebidas carbonatadas. Con lo cual se puede establecer que la mejora en la empresa productora de bebidas carbonatadas reduce los costos de producción.

Hipótesis Específicas 1

Estableciendo el procedimiento de descarga de CO₂ se reducirá el costo de producción.

En la tabla 30, se muestra la prueba U de Mann Whitney para la hipótesis específica 1

Planteamiento de Hipótesis

H₀: La implementación de la mejora en el procedimiento de descarga de CO₂ **no reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

H₁: La implementación de la mejora en el procedimiento de descarga de CO₂ **si reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Regla de decisión: Si p valor $\geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta la H₀
Si p valor $< 0.05 \rightarrow$ Se rechaza la H₀

Tabla 30

Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 1

Grupo	Media	Rango promedio	U	Valor p
Después de la mejora	8532.07	14.23	94.0	0.098
Antes de la mejora	8726.73	20.23		

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de U de Mann Whitney, podemos establecer que las pérdidas en la carga de CO₂ no se reducen ($p>0.05$) luego de la implementación de mejora en el procedimiento de descarga de CO₂ en una empresa productora de bebidas carbonatadas. Con lo cual se puede establecer que la mejora en el procedimiento de descarga de CO₂ en la empresa productora de bebidas carbonatadas no reduce los costos de producción.

Hipótesis Específicas 2

Estableciendo un programa de mantenimiento preventivo se reducirá el costo de producción.

En la tabla 31, se muestra la prueba U de Mann Whitney para la hipótesis específica 2

Planteamiento de Hipótesis

H₀: La implementación de un programa de mantenimiento preventivo **no reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

H₁: La implementación de un programa de mantenimiento preventivo **si reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Regla de decisión: Si p valor $\geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta la H₀
Si p valor $< 0.05 \rightarrow$ Se rechaza la H₀

Tabla 31

Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 2

Grupo	Media	Rango promedio	U	Valor p
Después de la mejora	1385.01	9.00	26.0	0.000
Antes de la mejora	4777.48	23.32		

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de U de Mann Whitney, podemos establecer que las pérdidas por fuga de CO₂ se reducen ($p < 0.05$) luego de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en una empresa productora de bebidas carbonatadas. Con lo cual se puede establecer que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa productora de bebidas carbonatadas reduce los costos de producción.

Hipótesis Específicas 3

La estandarización de los métodos de trabajo reducirá el costo de producción.

En la tabla 32, se muestra la prueba U de Mann Whitney para la hipótesis específica 3

Planteamiento de Hipótesis

H₀: La estandarización de los métodos de trabajo **no reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

H₁: La estandarización de los métodos de trabajo **si reduce** los costos de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Regla de decisión: Si p valor $\geq 0.05 \rightarrow$ Se acepta la H₀

Si p valor $< 0.05 \rightarrow$ Se rechaza la H₀

Tabla 32

Prueba U de Mann Whitney de la Hipótesis Especifica 3

Grupo	Media	Rango promedio	U	Valor p
Después de la mejora	4236.60	8.77	23.0	0.000
Antes de la mejora	19742.16	23.45		

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de U de Mann Whitney, podemos establecer que las pérdidas por arranque de las líneas de producción se reducen ($p<0.05$) luego de la estandarización de los métodos de trabajo en una empresa productora de bebidas carbonatadas. Con lo cual se puede establecer que la estandarización de los métodos de trabajo en la empresa productora de bebidas carbonatadas reduce los costos de producción.

CONCLUSIONES

Del análisis del estudio de la implementación de la mejora para la reducción del costo de producción a través de la reducción de merma de CO₂ en una empresa productora de bebidas carbonatadas, se han podido establecer las siguientes conclusiones:

1. Se puede concluir que la implementación de la mejora de los procesos en la empresa productora de bebidas carbonatadas logra reducir los costos de producción, obteniendo un ahorro de S/. 19,092.39 a la semana en pérdidas por merma de CO₂.
2. Se puede concluir que la mejora en el procedimiento de descarga de CO₂ en la empresa productora de bebidas carbonatadas no logra reducir los costos de producción, en específico no reduce las pérdidas por carga de CO₂.
3. Se puede concluir que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa productora de bebidas carbonatadas logra reducir los costos de producción, es específico reduce los costos por fuga de CO₂. Donde se obtiene un ahorro de S/.3,392.47 a la semana por fugas de CO₂
4. Se puede concluir que la estandarización de los métodos de trabajo en la empresa productora de bebidas carbonatadas logra reducir los costos de producción, en específico reduce las pérdidas por arranque de las líneas de producción. Donde se obtiene un ahorro de S/. 15,505.56 a la semana por arranque de línea.
5. La reducción de emisiones de CO₂ al ambiente, contribuye con el aspecto de responsabilidad social de la empresa de manera positiva.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la empresa productora de bebidas carbonatadas que mantenga y mejore la implementación de las mejoras de los procesos debido a que se está logrando reducir los costos por pérdidas de CO₂.
2. Se puede recomendar a la empresa productora de bebidas carbonatadas revisar y mejorar el proceso de descarga de CO₂, ya que no logra reducir los costos de producción.
3. Se recomienda a la empresa productora de bebidas carbonatadas que haga una revisión general de las tuberías y sistemas donde se utiliza como materia prima el CO₂, con la finalidad de encontrar fallas o problemas que incidan en el aumento de la merma y por consiguiente en el aumento del costo de producción.
4. Se recomienda a la empresa productora de bebidas carbonatadas emplear mayor investigación para fuentes alternativas que reemplacen el CO₂ como el aire inerte, que ya se viene utilizando para otras bebidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A DUE. (s.f.). Obtenido de A DUE:

<http://www.adue.it/es/soluciones/bebidascarbonatadas.html>

Álvarez, C. y De la Jara, P. (2012). *Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes*. (Tesis de grado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Industrial, Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1588/ALVAREZ_CARLA_DE_LA_JARA_PAULA_MEJORA_PROCESOS_BEBIDAS_REHIDRATANTES.pdf?sequence=1

Armfield. (s.f.). *Explore armfield*. Recuperado en enero de 2016, de Explore armfield:

<http://exploreamfield.com/es/products/view/ft102x/sistema-de-carbonatacion-yllenado>

Blog movimiento de energía. (8 de setiembre de 2011). *Blog movimiento de energía*.

Obtenido de Blog movimiento de energía:

<http://movimientodeenergia.blogspot.pe/2011/09/descripcion-del-proceso-deelaboracion.html>

García, M. (2013). Asesoría Nutricional. Obtenido de Asesoría

Nutricional: <http://anutricional.com/?p=726>

GEA Group (13 de mayo de 2013). *GEA Diessel GmbH*. Obtenido de GEA Group:

http://www.gea.com/global/en/binaries/D3752-00en_DICAR-C_tcm11-19899.pdf

Grández, G. (2008). *Evaluación sensorial y fisico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones*. (Tesis de grado), Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura. Obtenido de <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/155367>

Haskoning S.A. & Consejería del Medio Ambiente. (s.f.). *Junta de Andalucía*. Obtenido de

de Junta de Andalucía: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigita>

[les/CA-107-1_MANUAL_DE_AUDITORIA_MEDIOAMBIENTAL-
SECTOR_DE_ELABORACION_DE_BEBIDAS_REFRESCANTES/CA-107-
1/2_DESCRIPCION_DEL_PROCESO_DE_ELABORACION_DE_BEBIDAS
REFRESCANTES.PDF](#)

INDECOPI (revisada el 2012). *Norma Técnica Nacional NTP 214.001:1985, Bebidas Gasificadas Jarabeadas*. Requisitos. Lima, Perú.

Morrow, R. S., y Quinn, C. M. (2007). *Carbonated Beverages*. En *Kirk- Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Capítulo 8. Wiley Online Library. doi:10.1002/0471238961.0301180213151818.a01.pub2

Red Institucional de Tecnologías Limpias. (s.f.). *Red Institucional de Tecnologías Limpias*. Obtenido de Red Institucional de Tecnologías Limpias:

http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313403/313403_proc.htm

PROCESO DE PRODUCCION.

Reyes, P. (2009) *Manufactura Lean: Conceptos y Métodos*. Material de enseñanza. Recuperado de [www.icicm.com/files/Manufactura Lean.doc](http://www.icicm.com/files/Manufactura_Lean.doc)

SensoFood Solutions. (s.f.). Obtenido de SensoFood Solutions:

<http://www.sensofoodsolutions.com/index.php?pag=serv>

Servibev. (s.f.). *Servibev*. Recuperado el enero de 2018, de Servibev de:

<http://servibev.com/members/tracy-king>

Steen, D. P., y Ashurst, P. R. (2006). *Carbonated Soft Drinks: Formulation and Manufacture*. Blackwell Publishing Ltd

Udaondo, M. (1992). *Gestión de Calidad*. Primera Edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Ureña, M. O., D'Arrigo, M., y Girón, O. (1999). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (Primera ed.). Lima, Perú: Agraria.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

TÍTULO: MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE LA REDUCCIÓN DE MERMA DE CO2 EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE BEBIDAS CARBONATADAS

PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO2 en una empresa productora de bebidas carbonatadas?	Diseñar una propuesta de solución para reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO2 en una empresa productora de bebidas carbonatadas	La reducción de la merma de CO2, reducirá el costo de producción	Merma de CO2		Costo de producción	
Específicos	Específicos	Específicos				
¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO2 durante la descarga (Trasiego) en una empresa productora de bebidas carbonatadas?	Establecer procedimiento de descarga para evitar merma de CO2 y reducir el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	Estableciendo el procedimiento de descarga de CO2, se reducirá el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas	Procedimiento de descarga de CO2	No se implementa = 0 Se implementa = 1	Costo de producción	Cantidad de volumen comprado Cantidad de volumen vaceado
¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO2 por fugas en las tuberías en una empresa productora de bebidas carbonatadas?	Establecer un programa de mantenimiento preventivo en las tuberías para evitar la merma de CO2 y reducir el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	Estableciendo un programa de mantenimiento preventivo, se reducirá el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas	Programa de mantenimiento preventivo	No se implementa = 0 Se implementa = 1	Costo de producción	Número de reparaciones por Mantenimiento correctivo
¿Cómo reducir el costo de producción mediante la reducción de merma de CO2 durante el arranque de línea (inicio de producción) en una empresa productora de bebidas carbonatadas?	Estandarizar los métodos de trabajo para evitar la merma de CO2 en el arranque y reducir el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	La estandarización de métodos de trabajo, reducirá el costo de producción en una empresa productora de bebidas carbonatadas	Métodos de trabajo	No se estandariza = 0 Se estandariza = 1	Costo de producción	Tiempo de arranque

Anexo 2: Procedimiento para la Descarga de CO₂

CORPORACIÓN XXX	CL-PC-P-00070	POE - ARRANQUE DE LÍNEA
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTÁNDAR PARA LA DESCARGA DE CO ₂		Aprobado por: xxxx

PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTÁNDAR PARA LA DESCARGA DE CO₂

1. OBJETIVO

Establecer las actividades principales para la correcta descarga de CO₂ en las instalaciones de las planta.

2. EQUIPOS, MATERIALES

- 2.1. Gafas de seguridad
- 2.2. Protector de cuero para botellas de vidrio
- 2.3. Mandil de seguridad
- 2.4. Tablero de valores para el arranque

3. DESCRIPCIÓN

3.1. CONDICIONES INICIALES PARA DESCARGA DE CO₂.

El operador del camión cisterna, al ingresar a las instalaciones de la planta XX, debe mostrar en garita de ingreso a nuestras instalaciones sus guías donde se detalle el peso bruto, el peso neto y el peso tara de la cisterna.

El agente de seguridad anota estos pesos en una tabla e indica al operador de la cisterna que pase a la balanza de camiones para validar información.

Luego que la cisterna es pesada, el agente de seguridad registra este peso en una tabla de datos de ingreso de unidades e indica al operador de la cisterna que lleve su unidad a la zona de descarga.

El agente de seguridad envía estos pesos registrados al supervisor de la descarga que ya se encuentra en la zona de tanques de CO₂ a la espera de la llegada de la cisterna.

El supervisor de descarga, es una persona responsable que se ha designado internamente para validar información de los pasos, registrarla en el cuadro de descargas, supervisar el proceso de descarga y atender cualquier inquietud o solicitud del operador de la cisterna durante y después de la descarga hasta que el camión salga de nuestras instalaciones.

3.2. DESCARGA DE CO₂

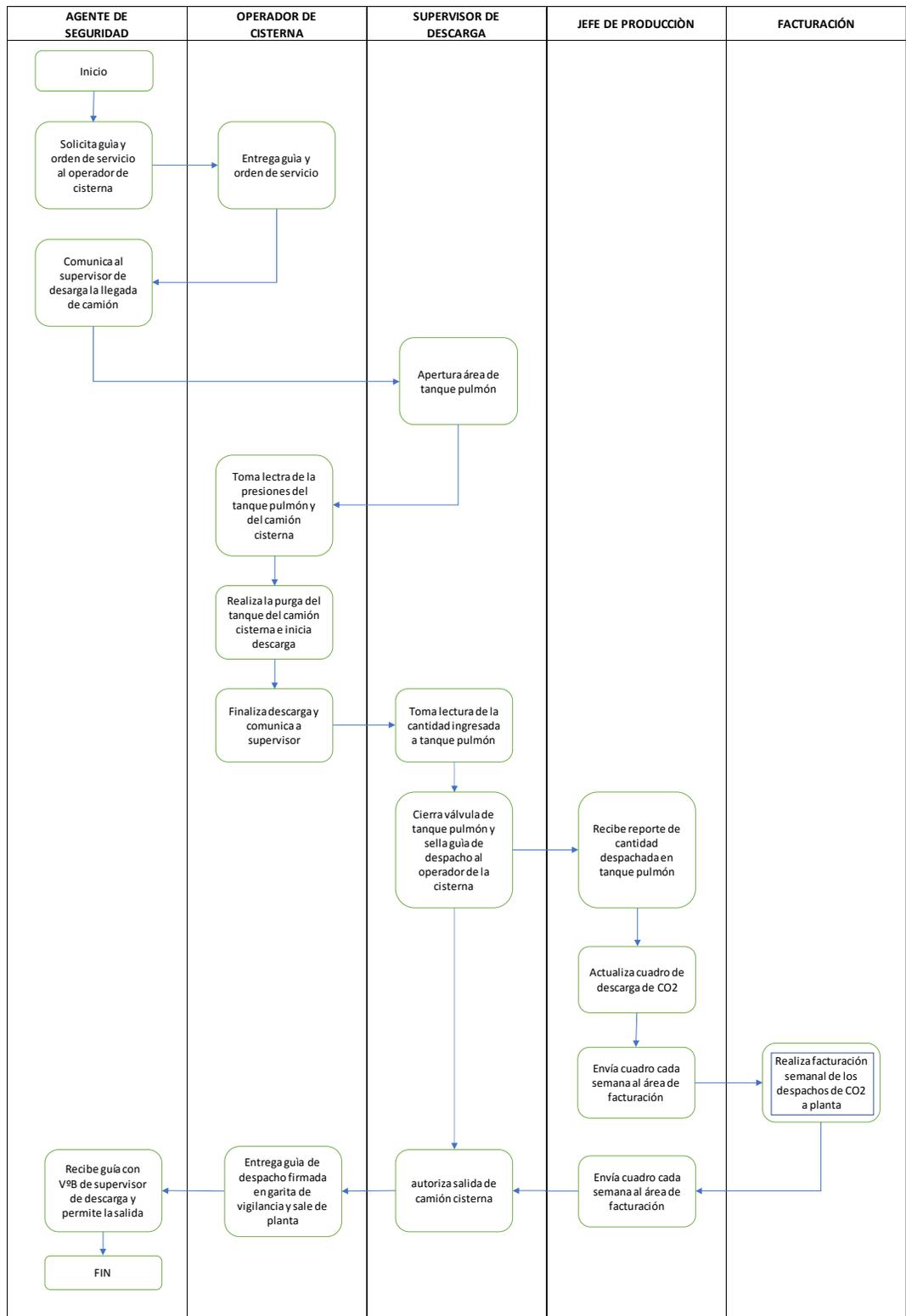
- 3.2.1. El supervisor de la descarga recibe a la cisterna y apoya en el correcto posicionamiento del camión para el inicio de la descarga.

- 3.2.2. Supervisor de descarga apertura la zona de tanque pulmòn y comunica al operador de la sisterna la presión a la que se encuentra el tanque pulmón.
- 3.2.3. El operador de la cisterna compara las presiones tanto de tanque pulmón y del camion cisterna y comunica al supervisor de descarga si habrá o no purga para igualar presiones.
- 3.2.4. El operador de la cisterna procede a purgar CO2 de la cisterna para igualar presiones de ambos tanques.
- 3.2.5. Una vez que las presiones son iguales o similares, el operador de la cisterna solicita al supervisor de descarga que aperture la vòlvula de trsciego del tanque pulmón.
- 3.2.6. El operador del camion cisterna conecta la manguera de la cisterna a la vòlvula de trsciego e inicia la descarga.
- 3.2.7. El supervisor de la descarga anota la cantidad de CO2 con el que cuenta el tanque y tambien anotará la cantidad de CO2 despachada al finalizar la descarga.
- 3.2.8. Al finalizar la descarga, el operador del camión cisterna comunica al supervisor que ha finalizado.
- 3.2.9. El supervisor de la descarga. Cierra las vòlvulas del tanque pulmón y procede a anotar la cantidad despachada.
- 3.2.10. El operador de la cirterna procede a retirarse de las instalaciones de la planta.
- 3.2.11. El operador de la cisterna vuelve a pesar su unidad en la balanza.
- 3.2.12. El agente de seguridad anota el peso y da pase a la salida del camión cisterna.

3.3. INGRESO DE DATOS

- 3.3.1. El supervisor de la descarga anota la cantidad de CO2 con el que cuenta el tanque y tambien anotará la cantidad de CO2 despachada al finalizar la descarga.
- 3.3.2. El supervisor de la descarga registra en un cuadro “Cuadro de cargas CO2” la cantidad despachada de CO2.
- 3.3.3. Esta cantidad anotada se comunica a la jefatura de producciòn.
- 3.3.4. La jefatura de producciòn es la responsable de llevar y mantener actualizado el cuadro de “cuadro de cargas de CO2” y cada lunes de la semana envia esta informaciòn al àrea de facturaciòn.

3.4. FLUJO DEL PROCESO



4. RECOMENDACIONES:

- 4.1. El registro de los datos que realiza el supervisor de descarga debe ser siempre el actualizado por cada día.
- 4.2. El supervisor de descarga es el encargado de llevar y notificar el consumo del tanque pulmón.

5. ANEXOS

No aplica

6. CONTROL DE CAMBIOS

Nº EDICIÓN	DETALLE DE LA MODIFICACIÓN

Código	PROVEEDOR
T1	DEVANLAY MANTENIMIENTO
T2	COLCA
T3	Pedro Bernales
T4	Rodrigo Campos
T5	Alberto Tarrillo
T6	ACIM,AR
T7	Alfredo Donayres
T8	Epli S.A.C.
T9	Manser Ingenieros
T10	Sullair
T11	Cold Import
T12	Electro Service Montajes
T13	ABC Extintores
T14	METROIL
T15	SDL ATLAS
T16	EMERSON
T17	FULL SERVICE
T18	AQUA PRODUCT
T19	HIDROQUIMICA
T20	FESER
T21	LOGICORP
T22	QUIMICA SUIZA
T23	SOCIEDAD QUIMICA MERCANTIL
T24	FARBIS
T25	SOLE
T26	ELECTROSERVICE T MONTAJES
T27	AIRVENT
T28	LEMAF GAS
T29	IMPORT SERVENTAS
T30	MEGAOZONO
T31	VICTOR RENGIFO
T32	Ecology
T33	Motorex
T34	Helguero

Anexo 4. Estandarización de Parámetros para el arranque de Línea

CORPORACIÓN XXX	CL-PC-L-0021	POE - ARRANQUE DE LÍNEA
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTÁNDAR PARA EL INICIO DE PRODUCCIÓN (ARRANQUE DE LÍNEA)		Aprobado por: xxxx

PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTÁNDAR PARA EL INICIO DE LA PRODUCCIÓN

1. OBJETIVO

Establecer los valores fijos de presión y temperatura que son ingresados en el tablero de comando de la llenadora.

2. EQUIPOS, MATERIALES

- 2.1. Gafas de seguridad
- 2.2. Protector de cuero para botellas de vidrio
- 2.3. Mandil de seguridad
- 2.4. Tablero de valores para el arranque

3. DESCRIPCIÓN

3.1. CONDICIONES INICIALES PARA RECEPCIÓN EN INICIO DE TURNO

Al iniciar el turno el operador de la llenadora, en adelante, “operador 1”, ingresa al tablero de comando del equipo de llenado y anota los valores indicados en pantalla para luego compararlos con los parámetros establecidos por cada formato (tamaño de botella), a producir.

El operador 1, debe anotar en su cuaderno de producción e incidencias, los parámetros de presión y temperatura que se muestran en la pantalla de la llenadora con el equipo en marcha.

El equipo no debe recibirse detenido pues, al detener la llenadora, se tendría que volver a purgar el carbonatador, lo cual ocasiona desperdiciar CO₂

3.2. INGRESO DE PARÁMETROS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

El operador 1 luego de anotar los parámetros con los cuales ha trabajado el turno anterior, continua con el llenado del formato que se este trabajando en ese instante.

Sin embargo, si el cambio de turno se produce cuando se va a cambiar a otro formato para llenado, el operador 1 ingresante debe borrar los datos anteriores de presión y temperatura del equipo, apretando los botones “Alt” y “DEL” de la pantalla de comando como se muestran en la imagen en círculos rojos (Imagen 1)

Imagen 1:



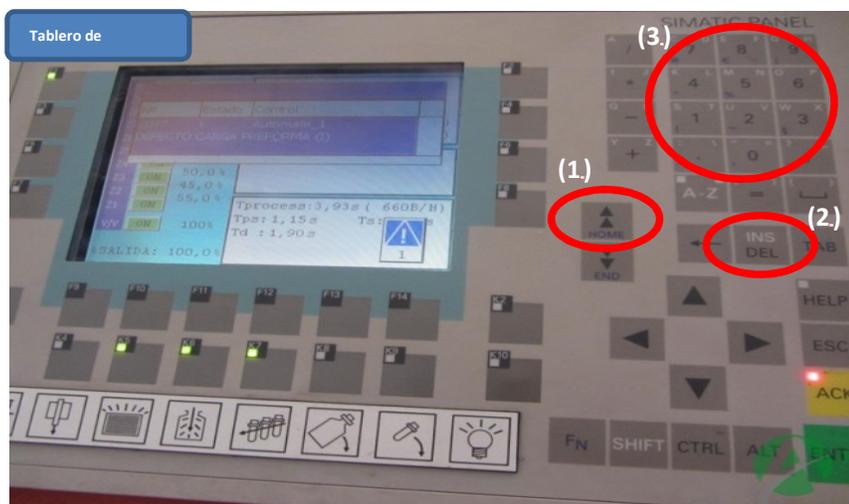
Fuente: Foto tomada de la pantalla de la llenadora. Se oculta la marca

3.3. INGRESO DE PARÁMETROS / PRESIÓN Y TEMPERATURA

El ingreso de parámetros se realiza en el tablero de comando de la siguiente forma:

- Presionar el botón "HOME" (1). Ver imagen 2
- Presionar el botón "INS/DEL" (2). Ver imagen 2
- En la pantalla ir a los campos de P, Presión y T°, Temperatura
- Ingresar los datos de Presión y temperatura según el formato a Producir, utilizando las teclas numéricas que se encuentran en el tablero.
- Los parámetros de Presión y temperatura se encuentran en la primera hoja del cuaderno de producción.

Imagen 2:



Fuente: Información extraída del cuaderno de producción:

Imagen 3:

Nº	Línea	Fecha	Hora	Turno	Tipo de formato	Rango de presión +/- 0.5 Bar	Rango de temperatura +/- 0.5 °C	Nombres Operador 1
1	L1	15/06/17	3:15 p. m.	2	IK 1.0 ml VR	6	4	Párraga O.

Fuente: Información extraída del cuaderno de producción:

Descripción de los datos presentados en Tabla:

- L1: Línea 1, Marca Krones. 160 válvulas de llenado
- IK 1,0 L, VR: Formato Inka Cola de un Litro, Vidrio.
- Rango de presión: Puede variar para este formato entre 5.5 bar, hasta 6.5 bar
- Rango de temperatura: Puede variar para este formato entre 3 grados centígrados, hasta 5 grados centígrados.

3.4. GRABACIÓN DE PARÁMETRSO INGRESADOS

Una vez ingresados los datos en el tablero de comando, se presiona la tecla “ENTER” y seguido la tecla “ACK”, con lo cual la llenadora inicia la producción. Ver imagen 4.

Imagen 4:



4. RECOMENDACIONES:

4.1. El registro de los datos que realiza el operador 1 ingresante al turno, debe siempre realizarse con el equipo llenador en marcha. Por ningún motivo se detiene la producción.

4.2. En el caso que el equipo llenador se encuentre parado por un cambio de formato, de igual manera el operador 1 ingresante, debe anotar en el cuaderno de producción, los parámetros con los que encuentra el equipo, dado que siempre el sistema debe encontrarse presurizado a 6 bar y a temperatura entre 3 y 10 °C.

5. ANEXOS

No aplica

6. CONTROL DE CAMBIOS

Nº EDICIÓN	DETALLE DE LA MODIFICACIÓN