



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE CAMBIO DE FORMATO DE  
LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE ENVASADO DE AGUA  
MINERAL, UBICADA EN SAN PEDRO DE LOS ALTOS, ESTADO MIRANDA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la  
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
como parte de los requisitos para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: Br. Gómez B., Mariana C.  
TUTOR: Ing. Pérez M., César T.  
FECHA: Octubre de 2016



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE CAMBIO DE FORMATO  
DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE ENVASADO DE AGUA  
MINERAL, UBICADA EN SAN PEDRO DE LOS ALTOS, ESTADO MIRANDA**

Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el  
resultado:

---

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre: Briceño, Ysvanessa

Nombre: Marino, José

Nombre: Pérez, César

AUTOR: Br. Gómez B., Mariana C.

TUTOR: Ing. Pérez M., César T.

FECHA: Octubre de 2016

## ÍNDICE GENERAL

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| ÍNDICE GENERAL .....                          | i   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                        | iv  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                       | vii |
| SINOPSIS .....                                | ix  |
| INTRODUCCIÓN .....                            | 1   |
| CAPÍTULO I .....                              | 2   |
| LA EMPRESA .....                              | 2   |
| I.1. La empresa .....                         | 2   |
| I.2. Estructura organizativa .....            | 3   |
| CAPÍTULO II .....                             | 4   |
| EL PROBLEMA .....                             | 4   |
| II.1. El problema .....                       | 4   |
| II.2. Objetivos de la investigación .....     | 5   |
| II.2.1. Objetivo General .....                | 5   |
| II.2.2. Objetivos Específicos .....           | 6   |
| II.3. Alcance .....                           | 6   |
| II.4. Limitaciones .....                      | 6   |
| CAPÍTULO III .....                            | 7   |
| MARCO TEÓRICO .....                           | 7   |
| III.1. Antecedentes de la investigación ..... | 7   |
| III.2. Fundamentos teóricos .....             | 7   |
| III.2.1. Estudio del trabajo .....            | 7   |
| III.2.2. Pruebas no paramétricas .....        | 9   |
| III.2.3. Diagrama espina de pescado .....     | 10  |
| III.2.4. Diagrama Why – Why .....             | 11  |
| III.2.5. Diagrama de flujo .....              | 12  |
| III.2.6. Matriz de jerarquización .....       | 13  |
| III.2.7. SMED .....                           | 14  |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III.2.8. Estudio de tiempo .....                                                           | 15 |
| III.2.9. Simulación .....                                                                  | 18 |
| CAPÍTULO IV .....                                                                          | 21 |
| MARCO METODOLÓGICO .....                                                                   | 21 |
| IV.1. Tipo de investigación .....                                                          | 21 |
| IV.2. Diseño de la investigación.....                                                      | 21 |
| IV.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                                | 21 |
| IV.3.1. Observación científica.....                                                        | 21 |
| IV.3.2. Entrevistas .....                                                                  | 22 |
| IV.4. Metodología.....                                                                     | 22 |
| CAPÍTULO V.....                                                                            | 24 |
| CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS .....                                                      | 24 |
| V.1. Proceso productivo de agua mineral Minalba .....                                      | 24 |
| V.2. Proceso de cambio de formato de las líneas de envasado .....                          | 28 |
| V.2.1. Línea de envasado 1.....                                                            | 30 |
| V.2.2. Línea de envasado 2.....                                                            | 33 |
| V.2.3. Línea de envasado 4.....                                                            | 36 |
| CAPÍTULO VI .....                                                                          | 40 |
| DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....                                                    | 40 |
| VI.1. Tiempos de parada por concepto de los cambios de formato.....                        | 40 |
| VI.2. Análisis estadístico de los tiempos de parada por concepto de los cambios de formato | 44 |
| VI.2.1 Prueba H de Kruskal – Wallis .....                                                  | 45 |
| CAPÍTULO VII.....                                                                          | 50 |
| ANÁLISIS CUALITATIVO.....                                                                  | 50 |
| VII.1. Análisis de los elementos que afectan el procedimiento.....                         | 54 |
| VII.1.1. Herramientas .....                                                                | 54 |
| VII.1.2. Partes y piezas .....                                                             | 55 |
| VII.1.3. Ajustes.....                                                                      | 56 |
| VII.1.4. Recursos Humanos.....                                                             | 56 |
| VII.1.5. Planificación.....                                                                | 57 |

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| VII.1.6. Comunicación .....                                                                                                                               | 58 |
| VII.2. Jerarquización de los factores que afectan el desempeño del proceso de cambio de formato.....                                                      | 60 |
| CAPÍTULO VIII.....                                                                                                                                        | 62 |
| OPORTUNIDADES DE MEJORA .....                                                                                                                             | 62 |
| CAPÍTULO IX .....                                                                                                                                         | 65 |
| PROPUESTAS DE MEJORA.....                                                                                                                                 | 65 |
| IX.1. Identificar cada una de las piezas o formatos a ser manejados de acuerdo a la presentación a la cual corresponden y su ubicación en el equipo. .... | 65 |
| IX.2. Estandarizar las dimensiones requeridas para cada presentación a producir, en los equipos de cada línea de envasado. ....                           | 67 |
| IX.3. Elaborar manuales de procedimiento para el procedimiento de cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4. ....                              | 68 |
| IX.3.1. ETAPA I: Identificar y separar operaciones internas y externas .....                                                                              | 68 |
| IX.3.2. ETAPA II: Convertir las operaciones internas en externas.....                                                                                     | 69 |
| IX.3.3. ETAPA III: Estandarizar los tiempos de ejecución.....                                                                                             | 70 |
| IX.3.4. ETAPA IV: Refinar los aspectos del procedimiento.....                                                                                             | 72 |
| IX.3.5. ETAPA V: Elaborar manuales de procedimiento .....                                                                                                 | 75 |
| IX.4. Realizar jornadas de capacitación y adiestramiento sobre el cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4. ....                              | 76 |
| CAPÍTULO X.....                                                                                                                                           | 77 |
| EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO .....                                                                                                                  | 77 |
| X.1. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 1 .....                                                                                 | 77 |
| X.2. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 2 .....                                                                                 | 78 |
| X.2. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 4.....                                                                                  | 79 |
| CONCLUSIONES.....                                                                                                                                         | 80 |
| RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                     | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                                                        | 85 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Portafolio de Productos .....                                                                                                                | 2  |
| Tabla 2. Presentaciones por línea de envasado.....                                                                                                    | 4  |
| Tabla 3. Antecedentes de la investigación.....                                                                                                        | 7  |
| Tabla 4. Equipos que participan en el proceso de envasado de cada producto, por línea de envasado .....                                               | 28 |
| Tabla 5. Número de actividades a ejecutar para realizar el procedimiento de cambio de formato en las líneas de envasado (situación actual).....       | 30 |
| Tabla 6. Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 1 .....                                                | 31 |
| Tabla 7. Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 1. ....  | 33 |
| Tabla 8. Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 2 .....                                                | 34 |
| Tabla 9. Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 2 .....  | 36 |
| Tabla 10. Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 4 .....                                               | 37 |
| Tabla 11. Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 4 ..... | 39 |
| Tabla 12. Número de cambios de formatos ejecutados en las líneas de envasado 1, 2 y 4 en los años 2013, 2014, 2015 y 2016. ....                       | 40 |
| Tabla 13. Número de cambios de formato promedio ejecutados mensualmente en las líneas de envasado 1, 2 y 4.....                                       | 41 |
| Tabla 14. Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 1 .....                                          | 41 |
| Tabla 15. Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 2 .....                                          | 41 |

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 16. Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 4 .....                                                      | 42 |
| Tabla 17. Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por línea de envasado .....                                     | 43 |
| Tabla 18. Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por presentación .....                                          | 43 |
| Tabla 19. Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por línea de envasado .....                                     | 44 |
| Tabla 20. Observaciones del tiempo de ejecución del cambio de formato, para los niveles de los factores de estudio: línea de envasado y turno de producción ..... | 44 |
| Tabla 21. Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov .....                                                                                               | 45 |
| Tabla 22. Prueba de Kruskal – Wallis: Tiempo (min) vs Línea de envasado .....                                                                                     | 46 |
| Tabla 23. Desempeño de las líneas de envasado .....                                                                                                               | 46 |
| Tabla 24. Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 1 .....                                                                            | 47 |
| Tabla 25. Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 2 .....                                                                            | 48 |
| Tabla 26. Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 2 .....                                                                            | 48 |
| Tabla 27. Requerimiento de herramientas para ejecutar el cambio de formato en las líneas de envasado.....                                                         | 55 |
| Tabla 28. Ponderación utilizada en matriz de jerarquización.....                                                                                                  | 60 |
| Tabla 29. Matriz de jerarquización de los problemas del desempeño del proceso de cambio de formato.....                                                           | 61 |
| Tabla 30. Criterio de evaluación de las soluciones propuestas .....                                                                                               | 62 |
| Tabla 31. Evaluación de las soluciones propuestas.....                                                                                                            | 63 |
| Tabla 32. Sistema de codificación por colores .....                                                                                                               | 65 |
| Tabla 33. Formatos y piezas de la línea de envasado 1. ....                                                                                                       | 66 |
| Tabla 34. Formatos y piezas de la línea de envasado 2. ....                                                                                                       | 66 |
| Tabla 35. Formatos y piezas de la línea de envasado 4. ....                                                                                                       | 67 |
| Tabla 36. Partes de equipos que requieren la estandarización de dimensiones de altura .....                                                                       | 68 |
| Tabla 37. Operaciones externas del procedimiento de cambio de formato en las líneas de envasado 1, 2 y 4 .....                                                    | 69 |

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 38. Tabla de suplementos para el estudio del tiempo estándar.....                                                                                                        | 71 |
| Tabla 39. Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 1.....                                                                                            | 71 |
| Tabla 40. Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 2.....                                                                                            | 71 |
| Tabla 41. Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 4.....                                                                                            | 72 |
| Tabla 42. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 1 .....                                                                                    | 74 |
| Tabla 43. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 2 .....                                                                                    | 74 |
| Tabla 44. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 4 .....                                                                                    | 75 |
| Tabla 45. Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas<br>anualmente por concepto del cambio de formato, según la presentación de envasado ..... | 77 |
| Tabla 46. Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de<br>envasado 1 .....                                                                           | 78 |
| Tabla 47. Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas por<br>concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 1.....                     | 78 |
| Tabla 48.Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de envasado<br>2 .....                                                                            | 78 |
| Tabla 49. Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas<br>anualmente por concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 2.....          | 79 |
| Tabla 50. Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de<br>envasado 4 .....                                                                           | 79 |
| Tabla 51. Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas<br>anualmente por concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 4.....          | 79 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Estructura Organizativa de la Empresa .....                                                                                 | 3  |
| Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto .....                                                                                              | 11 |
| Figura 3. Diagrama Why-Why .....                                                                                                      | 12 |
| Figura 4. Simbología utilizada en los diagramas de flujo.....                                                                         | 13 |
| Figura 5. Fases de SMED .....                                                                                                         | 15 |
| Figura 6. Metodología.....                                                                                                            | 23 |
| Figura 7. Proceso productivo de Agua Mineral Minalba.....                                                                             | 24 |
| Figura 8. Zonas de trabajo de las líneas de envasado .....                                                                            | 25 |
| Figura 9. Equipos presentes en las líneas de envasado .....                                                                           | 27 |
| Figura 10. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 1 .....                   | 32 |
| Figura 11. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 2 .....                   | 35 |
| Figura 12. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 4.....                    | 38 |
| Figura13. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 1 .....  | 51 |
| Figura 14. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 2 ..... | 52 |
| Figura 15. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 4.....  | 53 |
| Figura 16. Diagrama Why – Why para identificación de causa raíz .....                                                                 | 59 |
| Figura 17. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 1                                                    | 73 |
| Figura 18. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 2                                                    | 74 |
| Figura 19. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 4                                                    | 75 |
| Figura 20. Tiempo promedio de ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado                                               | 80 |

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21. Número de cajas de producto no producidas anualmente por la ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado .....                                                         | 81 |
| Figura 22. Disminución del tiempo de ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado tras implementar las mejoras propuestas .....                                                   | 82 |
| Figura 23. Disminución del número de cajas de producto no producidas anualmente por la ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado tras implementar las mejoras propuestas ..... | 83 |

---

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE CAMBIO DE FORMATO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE ENVASADO DE AGUA MINERAL, UBICADA EN SAN PEDRO DE LOS ALTOS, ESTADO MIRANDA**

**Autor:** Br. Gómez B., Mariana C.

**Tutor:** Ing. Pérez M., César T.

**Fecha:** Octubre de 2016

**SINOPSIS**

En el presente trabajo especial de grado se realizaron propuestas de mejora para los procesos de cambio de formato de las líneas de producción de una planta de envasado de agua mineral, a los fines de incrementar la capacidad de producción efectiva de la planta.

El cambio de formato es un proceso que implica realizar modificaciones en los equipos de una línea determinada, para adaptarla al siguiente producto previsto en el plan de producción. Ejecutar estas modificaciones requiere un tiempo de parada de las líneas; tiempo asociado a pérdidas de producción (cajas no producidas). Por esto surge la necesidad de desarrollar estrategias que permitan disminuir el tiempo de parada generado por los cambios de formato.

Por ello, se recopiló información referente a los métodos utilizados actualmente a través de la observación directa y entrevistas no estructuradas, pudiendo caracterizar así los procesos.

Seguidamente, tuvo lugar una fase de análisis en la cual se evaluó la eficacia de los procesos actuales y se identificaron los problemas y deficiencias presentes. A partir de esto, se pudo determinar los elementos que afectan los procesos de cambio de formato tales como la falta de estandarización del procedimiento, entre otros.

Luego de analizar la situación actual, se desarrollaron propuestas de soluciones factibles para cada uno de los problemas detectados con la finalidad de elegir aquellas que generen mejores resultados y cuya implementación resulte más fácil.

Una vez seleccionadas las propuestas, se desarrollaron estrategias que permiten llevar a cabo su implementación en la planta y, tras evaluar el beneficio económico que se estima obtener por su aplicación, se concluyó que con esto se puede alcanzar una reducción aproximada del 71,78% del número de cajas de agua no producidas por concepto de los cambios de formato.

**Palabras claves:** *Técnica SMED, Estudio del trabajo, Simulación.*

## INTRODUCCIÓN

La Planta San Pedro de Pepsi – Cola Venezuela C. A., es una empresa del sector de alimentos encargada del envasado y distribución de agua mineral. La directiva de la empresa consideró la necesidad de realizar un estudio que permitiera identificar los problemas y deficiencias presentes en los procesos de cambio de formato utilizados actualmente en las líneas de envasado, con el fin de generar propuestas para la mejora de los mismos, lo cual justificó y motivó el desarrollo del presente trabajo especial de grado. El estudio realizado contempla cada una de las fases que se presentan a continuación:

**Capítulo I: La empresa.** Presenta una breve descripción de la empresa, el portafolio de productos y la estructura organizativa.

**Capítulo II: El problema.** Se describe el problema, los objetivos, alcances y limitaciones.

**Capítulo III: Marco teórico.** Contiene todos los términos, conceptos y herramientas que se van a necesitar para el desarrollo del estudio.

**Capítulo IV: Marco metodológico.** Se esquematiza la metodología a ser utilizada, las actividades que se van a realizar y las herramientas utilizadas.

**Capítulo V: Caracterización de los procesos.** Se describe de manera general los procesos de cambio de formato de cada una de las líneas de envasado.

**Capítulo VI: Descripción de la situación actual.** Permite conocer el comportamiento histórico de los procedimientos de cambio de formato en cada línea de envasado.

**Capítulo VII: Análisis cualitativo.** Presenta el análisis de los procesos y la detección de los principales problemas y deficiencias que afectan los procesos de cambio de formato.

**Capítulo VIII: Oportunidades de mejora.** Se establecen las posibles soluciones a los problemas antes determinados.

**Capítulo IX: Propuestas de mejora.** Se detallan las actividades a realizar para implementar las propuestas de mejora realizadas en la empresa.

**Capítulo X: Evaluación del beneficio económico.** Se realiza un análisis económico del beneficio que se estima obtener a partir de la aplicación de las propuestas realizadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio y se dan las recomendaciones pertinentes a la empresa.

## CAPÍTULO I

### LA EMPRESA

#### I.1. La empresa

Empresas Polar es una corporación industrial líder en Venezuela, cuyas actividades productivas abarcan los sectores de alimentos, bebidas alcohólicas y productos de consumo masivo. La corporación está conformada por las siguientes empresas:

- a. Cervecería Polar, encargada de fabricar cervezas, y bebidas no alcohólicas a base de malta.
- b. Alimentos Polar, la cual comprende diferentes plantas industriales tales como procesadoras de arroz, avena y de maíz; fábricas de pastas, margarinas, vinagres, mayonesa, salsas, procesadoras de alimentos del mar, mermeladas, bebida achocolatada, helados, alimentos balanceados para animales, jabones, detergentes y suavizantes de ropa.
- c. Pepsi Cola Venezuela, grupo encargado de la producción de bebidas gaseosas, jugos, té frío, agua mineral, bebidas deportivas y bebidas gasificadas.

La Planta San Pedro de Pepsi – Cola Venezuela C. A., se encuentra ubicada en el municipio San Pedro de los Altos, Estado Miranda, donde se envasa y distribuye agua mineral Minalba y agua gasificada Sparkling, para satisfacer el mercado nacional, en sus diferentes presentaciones. En la Tabla 1 se muestran los productos y presentaciones que se manejan en la Planta.

Tabla 1. *Portafolio de Productos*

| Producto          | Descripción                                                              | Presentaciones           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Minalba           | Agua mineral natural, 100% pura de manantial y sin tratamientos químicos | Botella PET 355 ml       |
|                   |                                                                          | Botella PET 600 ml       |
|                   |                                                                          | Botella PET 1500 ml      |
|                   |                                                                          | Botella PET 5000 ml      |
| Minalba Sparkling | Agua mineral 100% natural pura de manantial, ligeramente gasificada.     | Botella de vidrio 330 ml |

Fuente: Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

En Planta San Pedro prestan servicio a la empresa un total de 232 trabajadores, en lo que se incluyen 145 trabajadores operativos y 87 administrativos

El presente trabajo especial de grado se fue desarrollado en el Departamento de Producción de Planta San Pedro.

## I.2. Estructura organizativa

La Figura 1 muestra la estructura organizativa de Planta San Pedro.

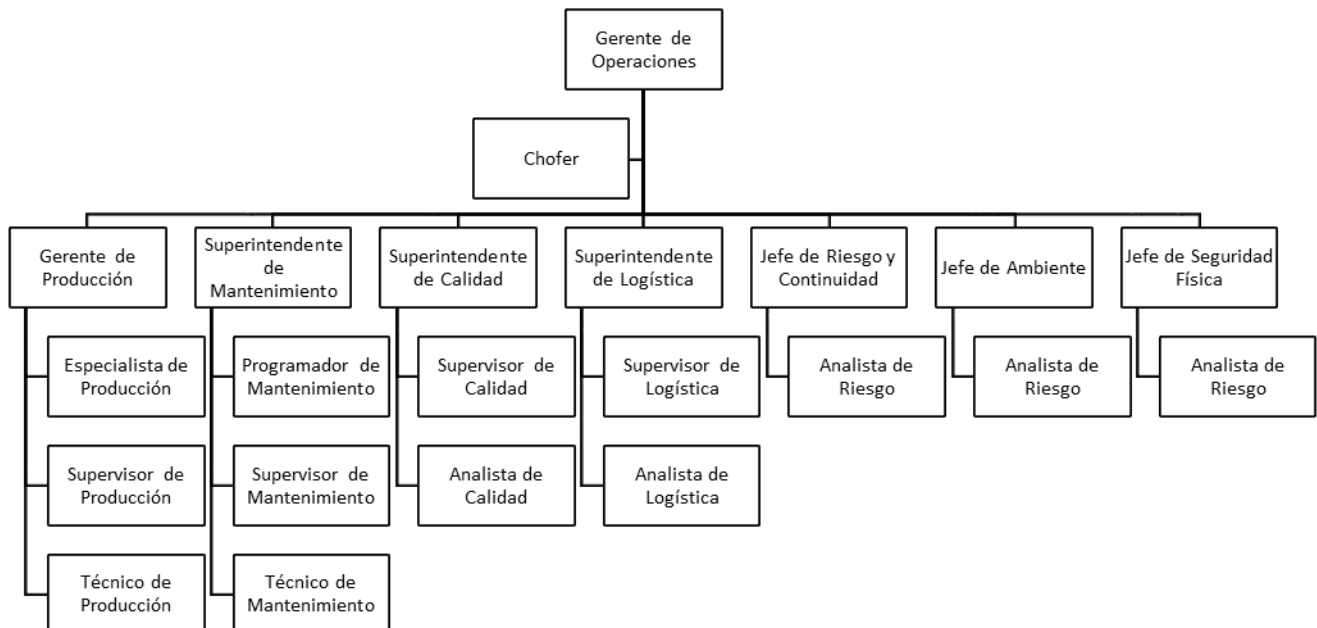


Figura 1. Estructura Organizativa de la Empresa

Fuente: Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

## CAPÍTULO II

### EL PROBLEMA

#### II.1. El problema

En Planta San Pedro se envasa agua mineral y agua gasificada, en sus diferentes presentaciones. Para esto, cuenta con cuatro (4) líneas de envasado. Cada línea, puede envasar ciertas combinaciones de presentaciones de los productos. En la Tabla 2 se muestran las presentaciones que se envasan, por línea.

Tabla 2. *Presentaciones por línea de envasado*

| <b>Línea</b> | <b>Presentación</b>                      |
|--------------|------------------------------------------|
| 1            | Botella 355 ml tapa rosca Agua Mineral   |
|              | Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   |
| 2            | Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   |
|              | Botella 1500 ml tapa rosca Agua Mineral  |
| 3            | Botella 5000 ml tapa rosca Agua Mineral  |
| 4            | Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   |
|              | Botella 330 ml Sparkling Agua Gasificada |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

El cambio de formato es un proceso que implica realizar un conjunto de modificaciones y ajustes en los equipos y maquinarias de una línea determinada, para adaptarla al siguiente producto previsto en el plan de producción. Cuando el producto a envasar es diferente al que se estaba envasando, es necesario limpiar los componentes de la línea que entraron en contacto con el producto (por ejemplo: válvulas, tuberías, tanques); la limpieza implica la adición de soluciones químicas, detergentes y sanitizantes. Estas operaciones, realizadas por el personal operativo y técnicos de mantenimiento, son tanto de índole eléctrica como mecánica.

Las líneas 1 y 2 envasan sólo agua mineral Minalba, en sus distintas presentaciones, por lo que el cambio de formato implica realizar modificaciones y ajustes en los equipos y no suele ser necesario realizar la limpieza química de la línea.

Por otro lado, en la línea 4 se realiza el envasado de dos productos diferentes: agua mineral de 600 ml TR y agua gasificada Sparkling de 330 ml. Debido a que el cambio de

formato de esta línea implica un cambio de producto envasado declarado, siempre habrá procesos de limpieza implícitos aunados a las modificaciones y ajustes en los equipos y/o maquinarias de la línea.

La línea 3 no presenta cambios de formato puesto que en ella se maneja una sola presentación de envasado (agua mineral de 5000 ml TR).

El proceso de envasado en cada una de las líneas se compone de las siguientes actividades: despaletizado, posicionado, transporte y lavado de botellas vacías; llenado, tapado y codificado de botellas; transporte en cadenas y empaquetado de botellas de producto terminado; y transporte en cadenas y paletizado de cajas de producto terminado.

Las modificaciones necesarias para realizar los cambios de formato se ejecutan en todos los equipos y/o maquinarias, en cada una de las líneas de envasado.

La ejecución de estas modificaciones requiere un tiempo de parada de las líneas de envasado; tiempo que está asociado a pérdidas de producción (cajas no producidas).

El Departamento de Producción de Planta San Pedro, en la búsqueda de la mejora continua de sus procesos para obtener un crecimiento progresivo de la productividad, quiere enfocar sus esfuerzos en el desarrollo de estrategias que permitan disminuir el tiempo de parada generado por los cambios de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4.

Esta búsqueda de estrategias para reducir el tiempo de parada por concepto de los cambios de formato, justifica el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, el cual tiene como objeto fundamental desarrollar propuestas que logren mejorar los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4, que son llevados a cabo en la Planta, a los fines de incrementar la capacidad de producción efectiva de la planta, la productividad y el uso eficiente de los recursos.

## **II.2. Objetivos de la investigación**

### **II.2.1. Objetivo General**

Proponer mejoras para los procesos de cambio de formato de las líneas de producción de una planta de envasado de agua mineral, ubicada en San Pedro de los Altos, estado Miranda.

### **II.2.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar los procesos de cambio de formato correspondientes a las líneas de envasado.
2. Analizar los tiempos de parada asociados a los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado.
3. Detectar los problemas y deficiencias presentes en los métodos actuales para los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado.
4. Proponer métodos que permitan disminuir el tiempo de parada asociado a los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado.
5. Establecer estrategias para la implementación de las mejoras propuestas en los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado
6. Determinar el beneficio económico generado por la implementación de los métodos propuestos para los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado.

### **II.3. Alcance**

El presente Trabajo Especial de Grado contempla el diagnóstico de la situación actual en cuanto a los procesos de cambio de formato utilizados en las líneas de envasado 1, 2 y 4 de la Planta; el procesamiento y análisis de la información recopilada, identificando así los principales problemas y deficiencias presentes en el proceso; el desarrollo de las propuestas de mejora de los procesos, que permitan disminuir los tiempos operativos de ejecución de cambios de formato, y que conduzcan a incrementar la capacidad productiva y a mejorar el desempeño operativo del proceso; la evaluación del beneficio económico devengado por dichas propuestas; y la presentación final, como guía de ejecución, de un “Instructivo de Ejecución de Cambios de Formato”, para cada línea de envasado.

### **II.4. Limitaciones**

El presente estudio estará focalizado en las líneas de envasado 1, 2 y 4 de la Planta, puesto que son las únicas líneas que manejan diferentes presentaciones del producto y, por consiguiente, las que requieren de la aplicación del proceso de cambio de formato.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### III.1. Antecedentes de la investigación

Los siguientes trabajos tratan el tema de mejora de procesos de embotellado. Se utilizaron, parcialmente, como referencia para el desarrollo de este trabajo de grado.

Tabla 3. *Antecedentes de la investigación.*

| Título                                                                                                                             | Área de estudio y<br>Profesor guía                                                                                                                                                                          | Institución y<br>Fecha                                                                | Objetivo General                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Propuesta de mejora para los procesos de limpieza y cambio de formato de las líneas de envasado.                                   | <i>Ingeniería de Producción</i><br><i>Autor(es):</i> Roberto Martínez.<br><i>Tutor académico:</i> Gladys Rincón.<br><i>Tutor empresarial:</i> Roque Rangel.<br><i>Tipo de trabajo:</i> Informe de Pasantía. | Universidad Simón Bolívar (USB).<br>Enero de 2011.                                    | Establecer propuestas de mejora significativa para el proceso de limpieza general de las líneas de envasado de agua mineral Minalba.                                                                     |
| Propuesta de mejora para procesos existentes de limpieza y cambio de formato de la línea de envasado de agua mineral Minalba n° 4. | <i>Ingeniería de Procesos</i><br><i>Autor(es):</i> Nurian Bolívar, Osnely Torres, Gabriel Ziegler.<br><i>Coordinador:</i> Silvio Llanos.<br><i>Tipo de trabajo:</i> Informe de Diplomatura.                 | Centro de Extensión de la Universidad José Antonio Páez (CEUJAP).<br>Febrero de 2016. | Proponer el diseño de un plan de mejora para procesos existentes de limpieza y cambio de formato de la línea de envasado de agua mineral Minalba n°4, ubicada en San Pedro de los Altos, estado Miranda. |

Fuente: Elaboración propia

#### III.2. Fundamentos teóricos

##### III.2.1. Estudio del trabajo<sup>1</sup>

El estudio de trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o

<sup>1</sup>Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. 4ta edición.

excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad.

#### **III.2.1.1. Cómo está constituido el tiempo total de un trabajo**

Se puede considerar que el tiempo que tarda un trabajador o una máquina en realizar una actividad o producir una cantidad determinada de cierto producto se constituye de la siguiente manera:

1. Contenido básico de trabajo del producto o de la operación: tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción.
2. Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de los materiales.
  - a. Deficiencia y cambios frecuentes del diseño.
  - b. Desecho de materiales.
  - c. Normas incorrectas de calidad.
3. Contenido de trabajo suplementario debido a métodos ineficientes de producción o de funcionamiento.
  - a. Mala disposición y utilización del espacio.
  - b. Inadecuada manipulación de los materiales.
  - c. Interrupciones frecuentes a pasar de la producción de un producto a la de otro.
  - d. Método de trabajo ineficaz.
  - e. Mala planificación de las existencias.
  - f. Averías frecuentes de las máquinas y el equipo.
4. Contenido de trabajo resultante principalmente de la aportación de recursos humanos.
  - a. Absentismo y falta de puntualidad.
  - b. Mala ejecución del trabajo.
  - c. Riesgo de accidentes y lesiones profesionales.

Si estos factores se pueden eliminar, se consigue reducir al mínimo el tiempo y el costo de una producción determinada y, por tanto, aumentar al máximo la productividad.

#### **III.2.1.2. Técnicas del estudio del trabajo.**

El estudio del trabajo comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo.

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras.

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.

El estudio de métodos y la medición del trabajo están, pues, estrechamente vinculados. El estudio de métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación. En cambio, la medición del trabajo se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo asociado con esta, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada, tal como ha sido determinada por el estudio de métodos.

#### **III.2.2. Pruebas no paramétricas<sup>2</sup>**

En la mayoría de los procedimientos que se emplean análisis estadísticos, se asume que las muestras aleatorias que se seleccionan provienen de poblaciones normales. Estos son los métodos conocidos como: métodos paramétricos. Sin embargo, existe otra categoría de métodos que no asumen la premisa mencionada anteriormente, es decir, son procedimientos de inferencia que no suponen ninguna forma determinada de la distribución de la población. Estos métodos son conocidos como métodos no paramétricos o de distribución libre y principalmente se basan en el análisis del rango de los datos, por lo que no utilizan directamente los valores de la muestra.

Uno de los métodos no paramétricos más empleados es la Prueba de Kruskal – Wallis.

La prueba de Kruskal – Wallis, también llamada prueba H de Kruskal – Wallis, es un procedimiento no paramétrico para probar la igualdad de las medias en el análisis de un

---

<sup>2</sup>Walpole, R., Myers, R., Myers S. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros (6ta edición). Prentice – Hall Hispanoamericana, S. A.

factor cuando el experimentador desea evitar la suposición de que las muestras se seleccionaron de poblaciones normal. Es decir, se utiliza para probar la hipótesis nula  $H_0$  de que  $k$  muestras independientes son de poblaciones idénticas.

Para probar la hipótesis  $H_0$  de que  $k$  muestras independientes son de poblaciones idénticas, se debe calcular el estadístico de prueba  $h$  mediante la ecuación:

$$h = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Donde, la variable aleatoria  $r_i$  corresponde a la suma de los rangos de las  $n_i$  observaciones de la  $i$ -ésima muestra.

Si  $h$  cae en la región crítica  $H > X_{\alpha}^2$ , con  $v = k - 1$  grados de libertad, rechazar  $H_0$  en el nivel de significancia  $\alpha$ ; en cualquier otro caso, no rechazar  $H_0$

### III.2.3. Diagrama espina de pescado<sup>3</sup>

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagramas causa – efecto, fueron desarrollados por Ishikawa a principios de los años cincuenta mientras trabajaba en un proyecto de control de calidad para Kawasaki Steel Company. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto (la “cabeza del pescado”) y, después identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas (las “espinas del pescado” unidas a una columna vertebral y a la cabeza del pescado).

Por lo general, las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales: humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, de medio ambiente, administrativas; cada una de las cuales se subdividen en sub-causas. El proceso continúa hasta que se detectan todas las causas posibles, las cuales deben incluirse en una lista. Un buen diagrama tendrá varios niveles de espinas y proporcionará un buen panorama del problema y de los factores que contribuyen a su existencia. Después, los factores se analizan de manera crítica en términos de su probable contribución a todo el problema. Es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales.

<sup>3</sup>Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° edición). McGraw – Hill / Interamericana Editores, S. A.



Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto

Fuente: NIEBEL, S. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.

#### III.2.4. Diagrama Why – Why<sup>4</sup>

Una de las llamadas 7 herramientas de la calidad total, también nombradas como herramientas para la administración, es el llamado diagrama de relación. Esta es una herramienta importante para el trabajo en grupo y la acumulación de información.

El diagrama puede ser aplicado en los siguientes casos:

- Definición de las causas que provocan un efecto determinado. En este sitio actúa como un sustituto del diagrama de causa y efecto.
- Complemento del mencionado diagrama de Ishikawa tanto para reorganizar las causas determinadas, como para probar si las causas halladas son causa – raíz.

<sup>4</sup>Wadsworth, F. (2015). Serie de herramientas: Diagrama Why – Why. Buscando el porqué de las cosas. Recuperado el día 26/06/2016 de: <http://es.slideshare.net/FedericoSalvadorWads/he03-diagrama-why-why>

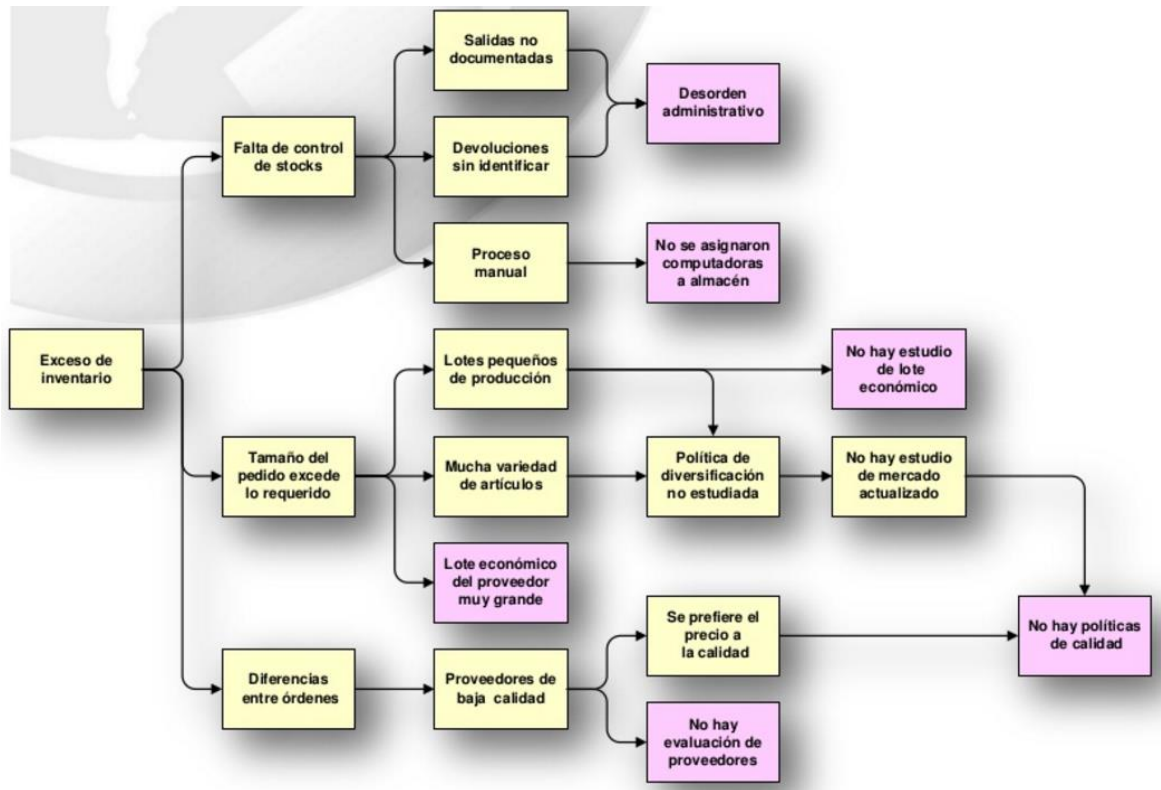


Figura 3. Diagrama Why-Why

Fuente: WASDWORTH, F. (2015). Recuperado el día 26/06/2016 de: <http://es.slideshare.net/FedericoSalvadorWads/he03-diagrama-why-why>

### III.2.5. Diagrama de flujo<sup>5</sup>

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos y el número de pasos del proceso.

La Figura 4 muestra los símbolos más utilizados en flujogramas. el día 25/06/2016

<sup>5</sup>Aiteco Consultores, S. L. (2016). Qué es un diagrama de flujo – Gestión de procesos. Recuperado el día 25/06/2016 de: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/>

| ACTIVIDAD             | SÍMBOLO                                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Inicio o finalización |  |
| Operación             |  |
| Decisión/Alternativa  |  |
| Nodo de unión         |  |
| Referencia            |  |
| Documento             |  |
| Línea de flujo        |  |

Figura 4. Simbología utilizada en los diagramas de flujo

Fuente: Elaboración propia

### III.2.6. Matriz de jerarquización<sup>6</sup>

Una matriz de jerarquización consta de un gráfico de filas y columnas que permite priorizar alternativas de solución, en función de la ponderación de criterios que afectan a dichas alternativas. Puede ser utilizada para tomar decisiones más objetivas o con base a criterios múltiples.

El procedimiento a seguir para implementar una matriz de jerarquización es el siguiente:

1. Definir las alternativas que vas a ser jerarquizadas.
2. Definir los criterios de evaluación.
3. Definir el peso de cada uno de los criterios.
4. Construir la matriz.
5. Definir la escala de cada criterio.
6. Valorar cada alternativa con cada criterio (usando la escala definida anteriormente).
7. Multiplicar el valor obtenido en el lado izquierdo de las casillas, por el peso de cada criterio y anotarlo a la derecha de cada casilla.
8. Sumar todas las casillas del lado derecho y anotar el resultado en la casilla de total.
9. Ordenar las alternativas de mayor a menor.

<sup>6</sup> Villatorio, I. (2011). Jerarquización de problemas. Recuperado el día 20/06/2016 de: <https://es.scribd.com/doc/58311165/jerarquizacion-de-problemas>

### III.2.7. SMED<sup>7</sup>

SMED es el acrónimo de las palabras "Single-Minute Exchange of Dies", que significa que los cambios de formato o herramienta necesarios para pasar de un lote al siguiente, se pueden llevar a cabo en un tiempo inferior a 10 minutos.

La técnica SMED sigue los siguientes pasos:

1. OBSERVAR y comprender el proceso de cambio de lote.

En este primer paso, se realiza la observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo se lleva a cabo éste y conocer el tiempo invertido.

2. IDENTIFICAR y SEPARAR las operaciones internas y externas:

Se entiende por operaciones internas aquéllas que se deben realizar con la máquina parada. Las operaciones externas son las que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento.

3. CONVERTIR las operaciones internas en externas:

En esta fase las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio.

4. REFINAR todos los aspectos de la preparación:

En este punto se busca la optimización de todas las operaciones, tanto internas como externas, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos empleados.

5. ESTANDARIZAR el nuevo procedimiento:

La última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo.

---

<sup>7</sup>Espin, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo de preparación. Recuperado el día 03/04/2016 de: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>

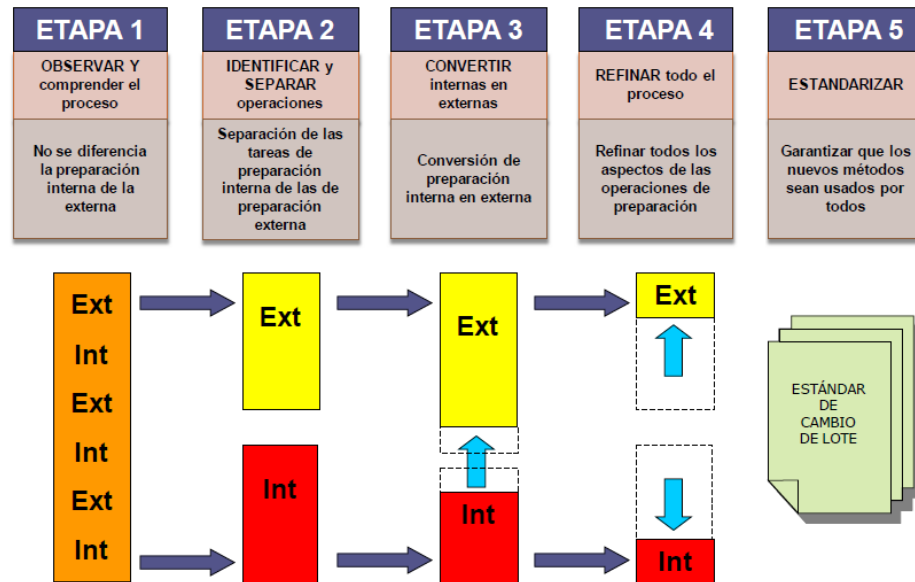


Figura 5. Fases de SMED

Fuente: ESPIN, F. (2008). Recuperado el día 03/04/2016 de:  
<http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>

### III.2.8. Estudio de tiempo<sup>8</sup>

El estudio de tiempos es una herramienta para la medición del trabajo utilizada con éxito desde finales del Siglo XIX. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos.

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Los objetivos del estudio de tiempos son:

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizan los costos.
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

Antes de emprender el estudio hay que considerar los siguientes aspectos:

<sup>8</sup>López, C. (2001). El estudio de tiempos y movimientos. Recuperado el día 01/04/2016 de <http://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>

- a. Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- b. El método a estudiar debe haberse estandarizado.
- c. El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.
- d. El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación
- e. El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato pre-impreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
- f. La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

#### **III.2.8.1. Tiempo estándar<sup>9</sup>**

El tiempo requerido por un operario promedio, calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio, para ejecutar la operación se denomina tiempo estándar de esa operación.

Tiempo Normal (TN) = Tiempo Promedio (TP) × (1 + Factor de Clasificación)

Tiempo Estandar (TE) = TN × (1 + Suplementos)

#### **III.2.8.2. Ciclos de estudio<sup>10</sup>**

La determinación de la cantidad de ciclos que se van a estudiar para llegar a un estándar equitativo es un asunto que ha causado una discusión considerable entre los analistas de estudio de tiempos, así como entre los representantes sindicales. Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar completamente gobernado por la práctica estadística común que demanda cierto tamaño de muestra con base en la dispersión de las lecturas individuales del elemento.

---

<sup>9</sup>Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° edición). McGraw – Hill / Interamericana Editores, S. A.

<sup>10</sup>Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° edición). McGraw – Hill / Interamericana Editores, S. A.

Es posible establecer un número más exacto mediante el uso de métodos estadísticos. Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones se distribuyen normalmente respecto a una media poblacional desconocida con una varianza desconocida. Si se usa la media muestral  $\bar{X}$  y la desviación estándar muestral  $S$ , la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:

$$\bar{X} \pm \frac{ZS}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos suelen involucrar sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ); por lo tanto, debe usarse una distribución  $t$ . Entonces la ecuación del intervalo de confianza es:

$$\bar{X} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

El término  $\pm$  puede considerarse un término de error expresado como una fracción de  $\bar{X}$ :

$$k\bar{X} = t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde  $k$  = una fracción aceptable de  $\bar{X}$ .

Despejando  $n$  se obtiene:

$$n = \left( \frac{tS}{k\bar{X}} \right)^2$$

También es posible despejar  $n$  antes de hacer el estudio de tiempos al interpretar datos históricos de elementos similares, o mediante una estimación real de  $\bar{X}$  y  $S$  a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta.

### III.2.8.3. Suplementos u Holguras<sup>11</sup>

Ningún operario puede mantener un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. Pueden ocurrir tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo extra. La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño y a tomar agua; la segunda es la fatiga que afecta incluso a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros. La tercera, son los retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material, todos ellos requieren la adición de una holgura.

Como el estudio de tiempos se realiza durante un periodo relativamente corto y como los elementos extraños se deben retirar al determinar el tiempo normal, debe añadirse una holgura al tiempo normal a fin de llegar a un estándar justo que un trabajador pueda lograr de manera razonable.

### III.2.9. Simulación<sup>12</sup>

Se define “simulación” como una técnica experimental que permite analizar el comportamiento de cualquier sistema que opere en el mundo real. La simulación involucra un proceso o sistema en el que el modelo produce la respuesta del sistema real ante eventos que suceden en éste durante un periodo dado de tiempo.

La simulación se usa para predecir el comportamiento de sistemas complejos de manufactura o servicios, mediante la observación de los movimientos y la interacción de los componentes del sistema. El software de simulación genera reportes y estadísticas detallados que describen el comportamiento del sistema que se estudia.

La modelación en computadora tiene dos características de importancia que colocan a la simulación aparte de otras formas de análisis. La primera es que es dinámica, en el sentido en que se observa el comportamiento del modelo durante el tiempo que dure la simulación. La segunda característica importante de la simulación en computadora es que se emplea un modelo estocástico en lugar de uno determinístico.

---

<sup>11</sup>Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° edición). McGraw – Hill / InteramericanaEditores, S. A.

<sup>12</sup> Meyers, F.; Stephens, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (3° Edición). Editorial Prentice Hall

### III.2.9.1. Cómo funciona la simulación

El propósito de la simulación es ayudar al tomador de decisiones a resolver un problema en particular. Se propone el esquema básico para construir un modelo de simulación. Este proceso de construcción de modelos se puede modificar y volver a plantear para que satisfaga las necesidades del planeador. El enfoque se usa para abordar de modo sistemático el problema de determinación del número de recursos necesarios y trabajar en busca de una solución lógica.

- a. Definición del problema.
- b. Definición del sistema.
- c. Modelo conceptual.
- d. Diseño preliminar.
- e. Preparación de la entrada de datos.
- f. Traslación del modelo.
- g. Verificación y validación.
- h. Experimentación.
- i. Análisis e interpretación.
- j. Implantación y documentación.

Las prácticas de modelación de sistemas se llevan a cabo por varias razones:

- a. Evaluación. Determinar y medir qué tan bien se desempeña el diseño propuesto para un sistema, en un sentido absoluto si se compara con los criterios con los que se estableció. ¿Satisface el sistema dichos criterios? Es decir, ¿cumple con los requerimientos de producción, lo hace dentro del presupuesto, entre otras cosas?
- b. Comparación. Comparar los diseños alternativos para ejecutar una función específica. Los planeadores seleccionan entre alternativas distintas haciendo la comparación crítica de ellas respecto del costo, el rendimiento y otros factores.
- c. Predicción. Permite al planeador investigar el desempeño de un sistema propuesto en condiciones específicas durante cierto tiempo. En las condiciones estipuladas, el desempeño de un sistema se simula en cuestión de minutos u horas para cierto periodo de horas, días, o incluso años.

- d. Análisis de sensibilidad. Aunque haya muchas variables en el sistema, sólo unas pocas que son críticas afectan el desempeño del proceso. El análisis de sensibilidad ayuda a determinar cuáles de los muchos factores y variables tienen la mayor influencia en las operaciones conjuntas del sistema.
- e. Optimización. Una vez determinados los factores críticos, se intenta optimizar el plan mediante el establecimiento de cuáles o qué combinación de ellos produce la mejor respuesta del sistema en su totalidad.
- f. Análisis de cuellos de botella. El planeador de las instalaciones descubre la naturaleza y la ubicación de los cuellos de botella que afectan el flujo del sistema.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **IV.1. Tipo de investigación**

Según Tamayo, M. (2002), la investigación de tipo descriptiva “...comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente.

La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.” (p. 46).

De esta forma se establece que el presente trabajo especial de grado corresponde a una investigación de tipo descriptiva.

#### **IV.2. Diseño de la investigación**

Sabino, C. (1992) establece que “... en los diseños de campo, los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo. Estos datos, obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios, denominación que alude al hecho de que son datos de primera mano, originales, producto de la investigación en curso sin intermediación de ninguna naturaleza.” (p. 70).

De esta manera es posible determinar que, en función del tipo de datos recogidos para llevar a cabo la investigación, el presente trabajo se categoriza como un diseño de campo.

#### **IV.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso del que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. (Sabino, C. 1992: p. 113).

##### **IV.3.1. Observación científica**

“... La observación científica puede definirse como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de

investigación. Dicho de otro modo, observar científicamente es percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación...” (Sabino, C. 1992: p. 116)

#### **IV.3.2. Entrevistas**

“... La entrevista, desde el punto de vista del método, es una forma específica de interacción social que tiene por objeto recolectar datos para una investigación. El investigador formula preguntas a las personas capaces de aportarle datos de interés, estableciendo un dialogo peculiar, asimétrico, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra es la fuente de esas informaciones...” (Sabino, C. 1992: p. 122)

#### **IV.4. Metodología**

El desarrollo de un proyecto de investigación requiere del establecimiento previo de un plan de acción o metodología que permita llevar a cabo los objetivos planteados. En la Figura 6 se muestra un esquema de las fases previstas para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, las actividades involucradas y las herramientas que serán utilizadas para el logro de los objetivos propuestos.

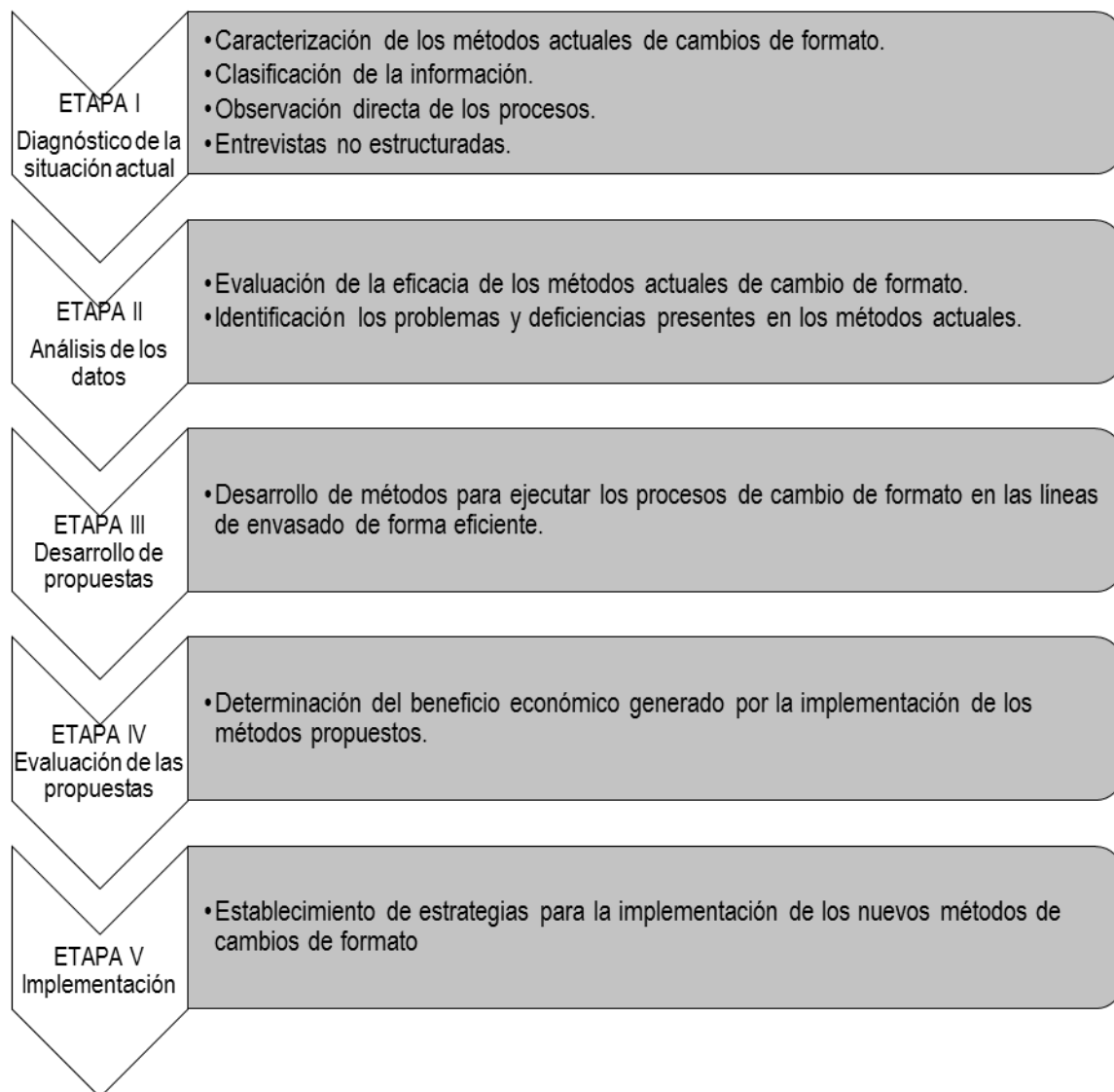


Figura 6. Metodología

Fuente: Elaboración propia

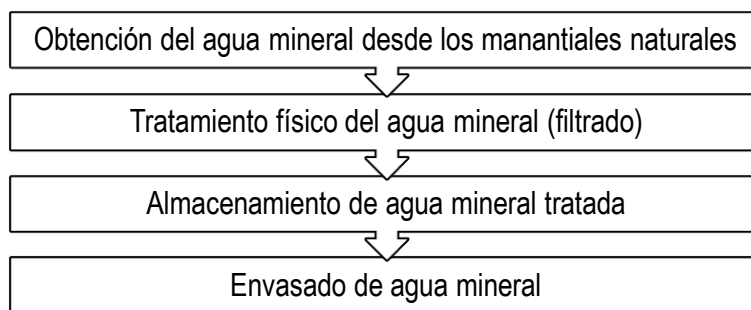
## CAPÍTULO V

### CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS

En el presente capítulo se presenta el proceso productivo de Planta San Pedro de Pepsi – Cola Venezuela, C.A., así como aquellos que son objeto de estudio de este Trabajo Especial de Grado: los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4.

#### V.1. Proceso productivo de agua mineral Minalba

El proceso productivo de Agua Mineral Minalba consta de cuatro (4) fases principales, a saber: captación, tratamiento físico, almacenamiento y envasado; como se observa en la Figura 7.



*Figura 7. Proceso productivo de Agua Mineral Minalba*

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

La fase de obtención del agua mineral Minalba inicia con el brote natural del agua en los acuíferos de los manantiales ubicados en los sectores La Culebra y El Rincón, en San Pedro de los Altos; en esos manantiales existen casetas de captación de agua que permiten su recolección y protección de cualquier tipo de contaminación. Posteriormente, el líquido es transportado a través de tuberías de acero inoxidable hasta un tanque recolector.

Una vez que el agua llega a este tanque, inicia la fase de tratamiento físico, la cual consiste en hacer pasar el agua por una serie de filtros de profundidad. En primer lugar, el agua pasa por un filtro de manga de 1 micra y se deposita en un tanque de acero llamado buffer; luego se bombea hacia una sucesión de filtros: de carbón, de manga (de 1 micra), y de cartucho (pulidores de 1 micra y 0,5 micras); y finalmente pasa por un sistema de

lámparas ultravioleta (UV) que erradican cualquier microorganismo existente en un 99.99%, garantizando así la pureza del producto.

Seguidamente, el agua viaja por tuberías, para luego ser acumulada en un sistema de tanques horizontales, que forman una batería de tanques. Un sistema de bombas centrífugas envía el agua de esta batería a las líneas de envasado.

La Planta San Pedro dispone de cuatro (4) líneas de envasado, las cuales constan de cuatro estaciones o zonas de trabajo: zona de despaletizado, zona de llenado, zona de empaquetado y zona de paletizado.

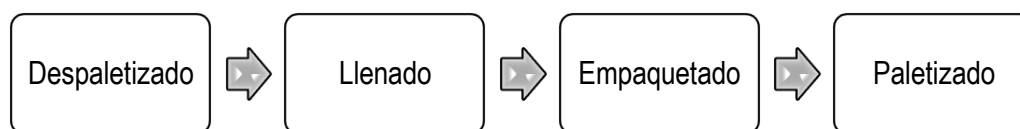


Figura 8. Zonas de trabajo de las líneas de envasado

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

En la *zona de despaletizado* se inicia la fase de envasado de agua mineral. En esta zona los operadores, mediante elevadores semiautomáticos, se separan y guían cada una de las camadas de botellas vacías (apiñadas en paletas industriales) hacia las vías transportadoras que conducen hacia la *zona de llenado*, donde se llenan los envases vacíos con agua mineral, mediante un proceso automático. Las botellas vacías, al entrar a las máquinas son llenadas con el agua mineral e inmediatamente después, se les coloca la tapa rosca.

A continuación, las botellas de producto terminado son trasladadas hacia la *zona de empaquetado*, donde una máquina empaquetadora ejecuta la formación de cajas de agua (grupo de botellas envueltas con polietileno termoencogible, acorde a la presentación envasada) y las mismas son trasladadas hacia la *zona de paletizado*. En esta zona finaliza el proceso, ya que es donde máquinas robóticas u operadores ejecutan el paletizado de las cajas de botellas que luego saldrán al mercado.

En las zonas de trabajo descritas participan las maquinarias que se especifican a continuación:

1. Despaletizador: elevador semiautomático, encargado de separar cada una de las camadas que conforman las paletas de botellas vacías, y guiar estos envases a la siguiente fase del proceso de envasado.
2. Posicionador o Enfilador: máquina encargada de posicionar correctamente los envases para ingresar a las vías aéreas de transporte, ya sea de forma automática o semiautomática.
3. Vías aéreas de transporte: equipo que permite el desplazamiento de los envases vacíos desde el posicionador o enfilador hasta la llenadora, utilizando la acción de la gravedad.
4. Transporte en cadenas de botellas vacías: equipo encargado de trasladar las botellas de vidrio vacías desde el enfilador hasta la enjuagadora.
5. Enjuagadora: máquina encargada del lavado de botellas vacías, para garantizar así la pureza del producto.
6. Sistema de enfriamiento y carbonatación de agua de manantial: sistema aplicado únicamente en la producción de agua gasificada Sparkling. Se encarga del enfriamiento y carbonatación del producto.
7. Llenadora: máquina encargada del envasado del producto líquido.
8. Tapadora: máquina encargada del engaste de cápsulas roscadas de plástico en las botellas.
9. Codificador: máquina encargada del codificado de botellas de producto terminado, de acuerdo al tipo de producto y la fecha de envasado.
10. Transporte en cadenas de botellas de producto terminado: equipo encargado de trasladar las botellas de producto terminado desde la tapadora hasta la empaquetadora.
11. Empaquetadora: máquina encargada de ordenar botellas de producto terminado y envolverlas, según su presentación, para formar así las cajas de producto terminado.
12. Transporte en cadenas de cajas de producto terminado: equipo encargado de trasladar las cajas de producto terminado desde la empaquetadora hasta el paletizador.

13. Paletizador: máquina encargada del paletizado de las cajas de botellas. Este proceso puede ser de índole automática, semiautomática o manual.



Despaletizador



Posicionador o  
Enfilador



Vías aéreas de  
transporte



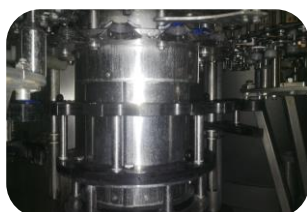
Transporte en cadenas  
de botellas vacías



Enjuagadora



Llenadora



Tapadora



Codificador



Transporte en cadenas  
de botellas de  
producto terminado



Empaquetadora



Transporte en cadenas  
de cajas de producto  
terminado



Paletizador

Figura 9. Equipos presentes en las líneas de envasado

Elaboración: Fuente propia

## V.2. Proceso de cambio de formato de las líneas de envasado

El cambio de formato es un proceso de ajustes a las líneas de producción, tanto mecánicas como en los parámetros eléctricos de los equipos y, en caso de presentarse un cambio de producto, limpiezas que implican la adición de químicos, detergentes y sanitizantes; esto con el fin de adaptar las líneas a la próxima presentación de envasado y/o producto a producir.

Estas modificaciones se ejecutan en todas las zonas de trabajo del proceso de envasado. En la Tabla 4, se especifican los equipos que participan en el proceso de envasado de cada producto, en cada una de las líneas de envasado.

Tabla 4. *Equipos que participan en el proceso de envasado de cada producto, por línea de envasado*

| EQUIPO                                                       | PRODUCTO     |              |              |                 |
|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                                                              | Línea 1      | Línea 2      | Línea 4      |                 |
|                                                              | Agua mineral | Agua mineral | Agua mineral | Agua gasificada |
| Despaletizador                                               | X            | X            | X            | X               |
| Posicionadora                                                |              | X            | X            |                 |
| Enfilador                                                    | X            |              |              | X               |
| Vías áreas de transporte de botellas vacías                  | X            | X            | X            |                 |
| Transporte en cadenas de botellas vacías                     |              |              |              | X               |
| Enjuagadora de botellas vacías                               | X            | X            | X            | X               |
| Sistema de enfriamiento y carbonatación de agua de manantial |              |              |              | X               |
| Llenadora de botellas                                        | X            | X            | X            | X               |
| Tapadora de botellas                                         | X            | X            | X            | X               |
| Codificador de botellas                                      | X            | X            | X            | X               |
| Transporte en cadenas de botellas de producto terminado      | X            | X            | X            | X               |
| Empaquetadora de botellas de producto terminado              | X            | X            | X            | X               |
| Transporte en cadenas de cajas de producto terminado         | X            | X            | X            | X               |
| Paletizado manual de cajas de producto terminado             |              |              | X            | X               |

Continúa

Tabla 4. *Equipos que participan en el proceso de envasado de cada producto, por línea de envasado*

| EQUIPO                                                      | PRODUCTO     |              |              |                 |
|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                                                             | Línea 1      | Línea 2      | Línea 4      |                 |
|                                                             | Agua mineral | Agua mineral | Agua mineral | Agua gasificada |
| Paletizado semi - automático de cajas de producto terminado | X            |              |              |                 |
| Paletizado automático de cajas de producto terminado        |              | X            |              |                 |

X: la máquina interactúa en el proceso de envasado de la línea

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de cambio de formato se participa el siguiente personal:

- El Supervisor de Producción (S), quien se encarga de la planificación táctica del procedimiento y del suministro de las herramientas requeridas a los operadores.
- El Operador Multifuncional (OM), quien realiza el cambio de formato de los elementos que se encuentran en su zona de trabajo diaria;
- El Técnico de Mantenimiento (TM), encargado de apoyar a los operadores del cambio de formato en ciertas tareas en las que los últimos no disponen de las herramientas para ejecutarlas.
- El Analista de Calidad (AC), encargado de determinar el nivel de higiene e inocuidad de determinados equipos antes de iniciar su funcionamiento.

El cambio de formato es un procedimiento que presenta similitud entre las líneas de envasado, en cuanto al tipo de actividades que se ejecutan para llevarlo a cabo.

En la Tabla 5 se presenta la cantidad de actividades a ejecutar en cada línea, diferenciadas por tipo, y de acuerdo a la metodología utilizada actualmente para el cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4.

Tabla 5. *Número de actividades a ejecutar para realizar el procedimiento de cambio de formato en las líneas de envasado (situación actual).*

| ACTIVIDAD                                              | Cantidad  |            |            |
|--------------------------------------------------------|-----------|------------|------------|
|                                                        | Línea 1   | Línea 2    | Línea 3    |
| Ajuste de parámetros eléctricos                        | 4         | 5          | 4          |
| Ajuste de posición de partes y piezas con herramientas | 11        | 17         | 22         |
| Ajuste de posición de partes y piezas sin herramientas | 12        | 37         | 1          |
| Cambio de partes y piezas con herramientas             | 2         | 9          | 67         |
| Cambio de partes y piezas sin herramientas             | 2         | 148        | 53         |
| Limpieza mecánica                                      | 1         | 2          | 3          |
| Limpieza química (CIP)                                 | 0         | 0          | 1          |
| Prueba de hisopado                                     | 1         | 2          | 3          |
| <b>TOTAL</b>                                           | <b>33</b> | <b>220</b> | <b>154</b> |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica la metodología utilizada actualmente, diferenciada por línea de envasado.

#### V.2.1. Línea de envasado 1

La línea de envasado 1 no presenta cambio de producto, por ello el cambio de formato implica realizar ajustes en los equipos.

De los 11 equipos que intervienen en el proceso de envasado de esta línea, 7 requieren de ajustes al realizar el cambio de formato. Éstos son: despaletizador, enfilador, vías aéreas de transporte, tapadora, codificador, empaquetadora y mesas de paletizado semi – automático. No todos los equipos requieren ajustar sus parámetros eléctricos, así como no todos requieren modificaciones mecánicas.

En la Tabla 6 se expone el tipo de modificación que necesita cada equipo, así como el personal que es requerido por cada uno.

Tabla 6. *Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 1*

| <b>Equipo</b>               | <b>Tipo de ajuste</b> | <b>Personal requerido</b>                     |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Despaletizador              | Eléctrico             | 1 técnico de mantenimiento                    |
| Enfilador                   | Mecánico              | 1 técnico de mantenimiento                    |
| Vías aéreas de transporte   | Mecánico              | 1 operador principal                          |
| Tapadora                    | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 analista de calidad |
| Codificador                 | Mecánico              | 1 técnico de mantenimiento                    |
| Empaquetadora               | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 operador de apoyo   |
| Paletizador semi-automático | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 operador de apoyo   |

Fuente: Elaboración propia

Los diagramas siguientes presentan las actividades que hay que realizar para ejecutar el procedimiento de cambio de formato en cada línea de envasado. Es posible observar los diagramas detallados de cada uno de los procesos en los Anexos del 1 al 6.

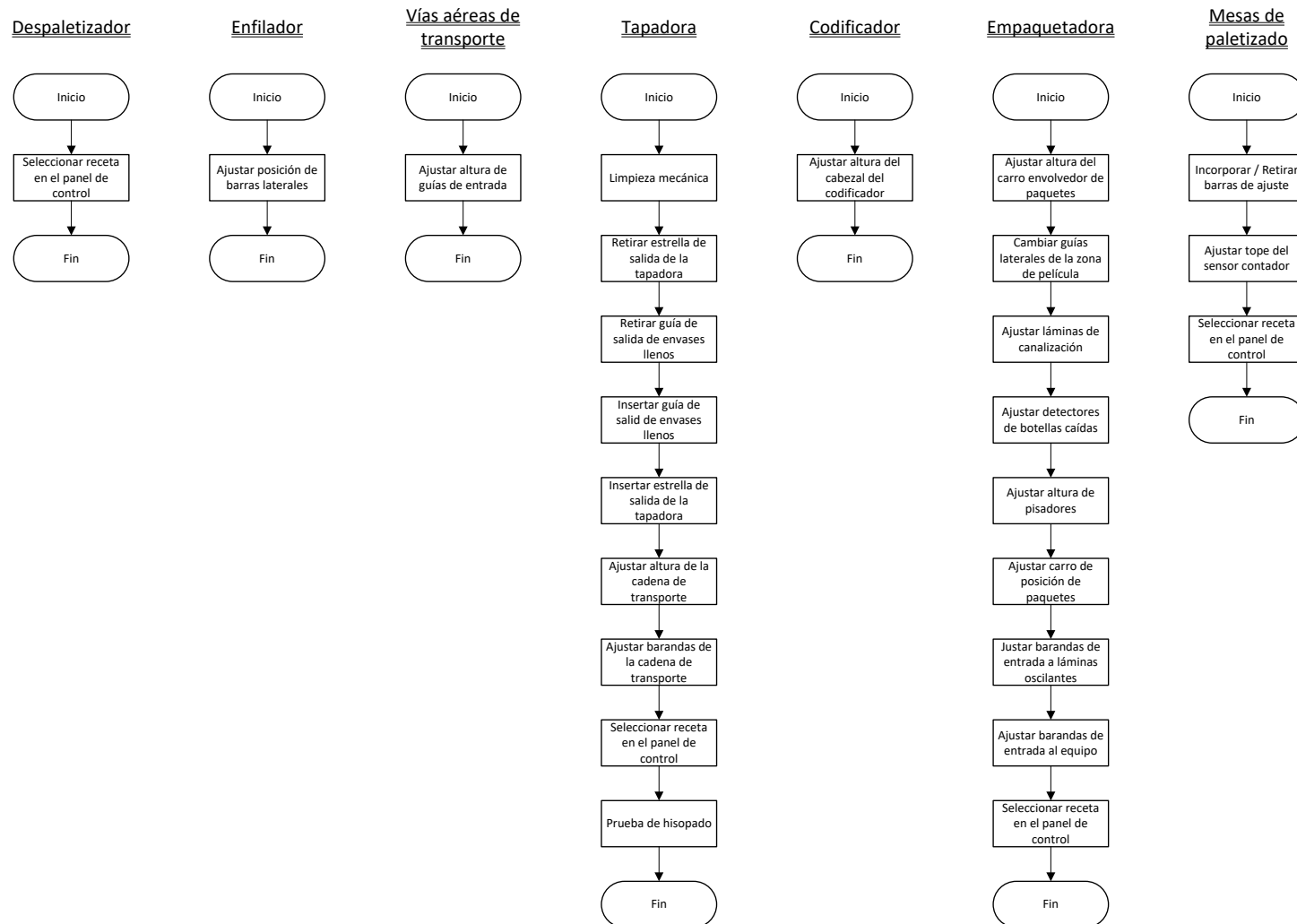


Figura 10. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se presenta el número de veces que se ejecutan las actividades en cada equipo, diferenciadas por tipo, de acuerdo a la metodología utilizada actualmente.

Tabla 7. *Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 1.*

| Actividad                                              | Cantidad       |           |             |          |             |               |                   | Total     |
|--------------------------------------------------------|----------------|-----------|-------------|----------|-------------|---------------|-------------------|-----------|
|                                                        | Despaletizador | Enfilador | Vías aéreas | Tapadora | Codificador | Empaquetadora | Robot paletizador |           |
| Ajuste de parámetros eléctricos                        | 1              | -         | -           | 1        | -           | 1             | 1                 | 4         |
| Ajuste de posición de partes y piezas con herramientas | -              | 1         | -           | -        | 2           | 7             | 1                 | 11        |
| Ajuste de posición de partes y piezas sin herramientas | -              | -         | 1           | 2        | -           | 7             | 2                 | 12        |
| Cambio de partes y piezas con herramientas             | -              | -         | -           | -        | -           | 2             | -                 | 2         |
| Cambio de partes y piezas sin herramientas             | -              | -         | -           | 2        | -           | -             | -                 | 2         |
| Limpieza mecánica                                      | -              | -         | -           | 1        | -           | -             | -                 | 1         |
| Prueba de hisopado                                     | -              | -         | -           | 1        | -           | -             | -                 | 1         |
| <b>Total</b>                                           | <b>1</b>       | <b>1</b>  | <b>1</b>    | <b>7</b> | <b>2</b>    | <b>17</b>     | <b>4</b>          | <b>33</b> |

Fuente: Elaboración propia

### V.2.2. Línea de envasado 2

Al igual que el caso anterior, en esta línea no se presenta un cambio de producto, de manera que el cambio de formato comprende modificaciones y ajustes en los equipos, sin necesidad de ejecutar la limpieza química (CIP) de la línea.

Del total de equipos, los siguientes son los que requieren ajustes y modificaciones: despaletizador, posicionador, vías aéreas de transporte, llenadora, tapadora, codificador, empaquetadora y paletizador automático.

En la Tabla 8, se presentan las características del proceso de cambio de formato en esta línea de envasado.

Tabla 8. *Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 2*

| <b>Equipo</b>             | <b>Tipo de ajuste</b> | <b>Personal requerido</b>                     |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
| Despaletizador            | Eléctrico             | 1 técnico de mantenimiento                    |
| Posicionadora             | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 analista de calidad |
| Vías aéreas de transporte | Mecánico              | 1 operador principal                          |
| Llenadora/Tapadora        | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 analista de calidad |
| Codificador               | Mecánico              | 1 técnico de mantenimiento                    |
| Empaquetadora             | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 operador de apoyo   |
| Paletizador automático    | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal                          |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los diagramas de flujo correspondientes a cada equipo mencionado, donde se presentan las actividades que se ejecutan para realizar el cambio de formato. Es posible observar los diagramas detallados de cada uno de los procesos en los Anexos del 7 al 12.

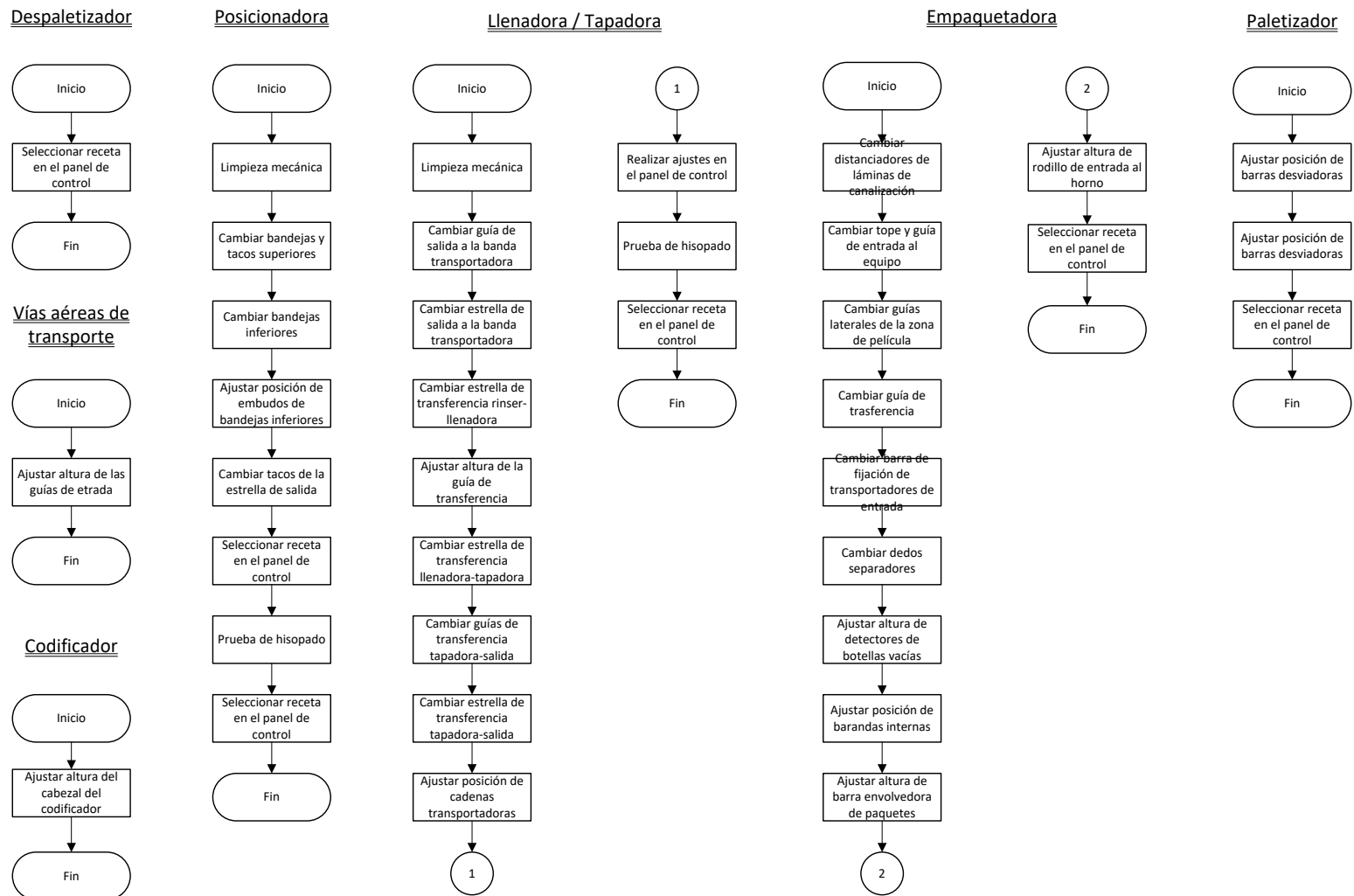


Figura 11. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 2

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se presenta el número de veces que se ejecutan estas actividades en cada equipo, diferenciadas por tipo, de acuerdo a la metodología utilizada actualmente.

Tabla 9. *Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 2*

| Actividad                                              | Cantidad      |             |                        |             |               |                      | Total      |
|--------------------------------------------------------|---------------|-------------|------------------------|-------------|---------------|----------------------|------------|
|                                                        | Posicionadora | Vías aéreas | Llenadora/Tapa<br>dora | Codificador | Empaquetadora | Robot<br>paletizador |            |
| Ajuste de parámetros eléctricos                        | 1             | -           | 1                      | -           | 1             | 1                    | 4          |
| Ajuste de posición de partes y piezas con herramientas | -             | -           | 2                      | 1           | 3             | 11                   | 17         |
| Ajuste de posición de partes y piezas sin herramientas | 32            | 1           | -                      | -           | 4             | -                    | 37         |
| Cambio de partes y piezas con herramientas             | -             | -           | 2                      | -           | 7             | -                    | 9          |
| Cambio de partes y piezas sin herramientas             | 128           | -           | 7                      | -           | 13            | -                    | 148        |
| Limpieza mecánica                                      | 1             | -           | 1                      | -           | -             | -                    | 2          |
| Prueba de hisopado                                     | 1             | -           | 1                      | -           | -             | -                    | 2          |
| <b>Total</b>                                           | <b>163</b>    | <b>1</b>    | <b>14</b>              | <b>1</b>    | <b>28</b>     | <b>12</b>            | <b>219</b> |

Fuente: Elaboración propia

### V.2.3. Línea de envasado 4

En contraste con los casos anteriores, en esta línea se realiza el envasado de dos productos diferentes: agua mineral y agua gasificada. Es por esto que, al realizar el cambio de formato, habrá procesos de limpieza química (CIP), aunados a las modificaciones en los equipos de la línea. En el Anexo 13 se describe en qué consiste la limpieza química (CIP).

En esta línea, el proceso de envasado de agua gasificada se diferencia del proceso de envasado de agua mineral en que el primero sustituye el uso de la máquina posicionadora y las vías aéreas de transporte de botellas vacías, por un transporte en cadenas de botellas

vacías. Además, se añade al proceso un sistema de enfriamiento y carbonatación del agua de manantial a ser envasada.

Al igual que en las líneas de envasado 1 y 2, los ajustes necesarios para realizar el cambio de formato no afectan los siguientes equipos que requieren ajustes son: despaletizador, enfilador, enjuagadora, llenadora, tapadora, codificador y empaquetadora.

La limpieza química (CIP) requerida es realizada únicamente en la máquina llenadora y, ya que la misma implica el uso de químicos corrosivos, no es posible realizarla de manera simultánea con las otras actividades requeridas por la máquina.

A continuación, se describen las características del cambio de formato en cada uno de los equipos.

Tabla 10. *Requerimiento de ajustes y personal para el cambio de formato en la línea de envasado 4*

| <b>Equipo</b>                         | <b>Tipo de ajuste</b> | <b>Personal requerido</b>                                                   |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Despaletizador                        | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal                                                        |
| Enfilador / Vías aéreas de transporte | Mecánico              | 1 operador principal<br>1 analista de calidad                               |
| Enjuagadora                           | Mecánico              | 1 operador principal                                                        |
| Llenadora – Tapadora                  | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 analista de calidad<br>1 técnico de mantenimiento |
| Codificador                           | Mecánico              | 1 técnico de mantenimiento                                                  |
| Empaquetadora                         | Eléctrico y mecánico  | 1 operador principal<br>1 operador de apoyo                                 |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12 se muestran los diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 4. Es posible observar los diagramas detallados de cada uno de los procesos en los Anexos del 14 al 20.

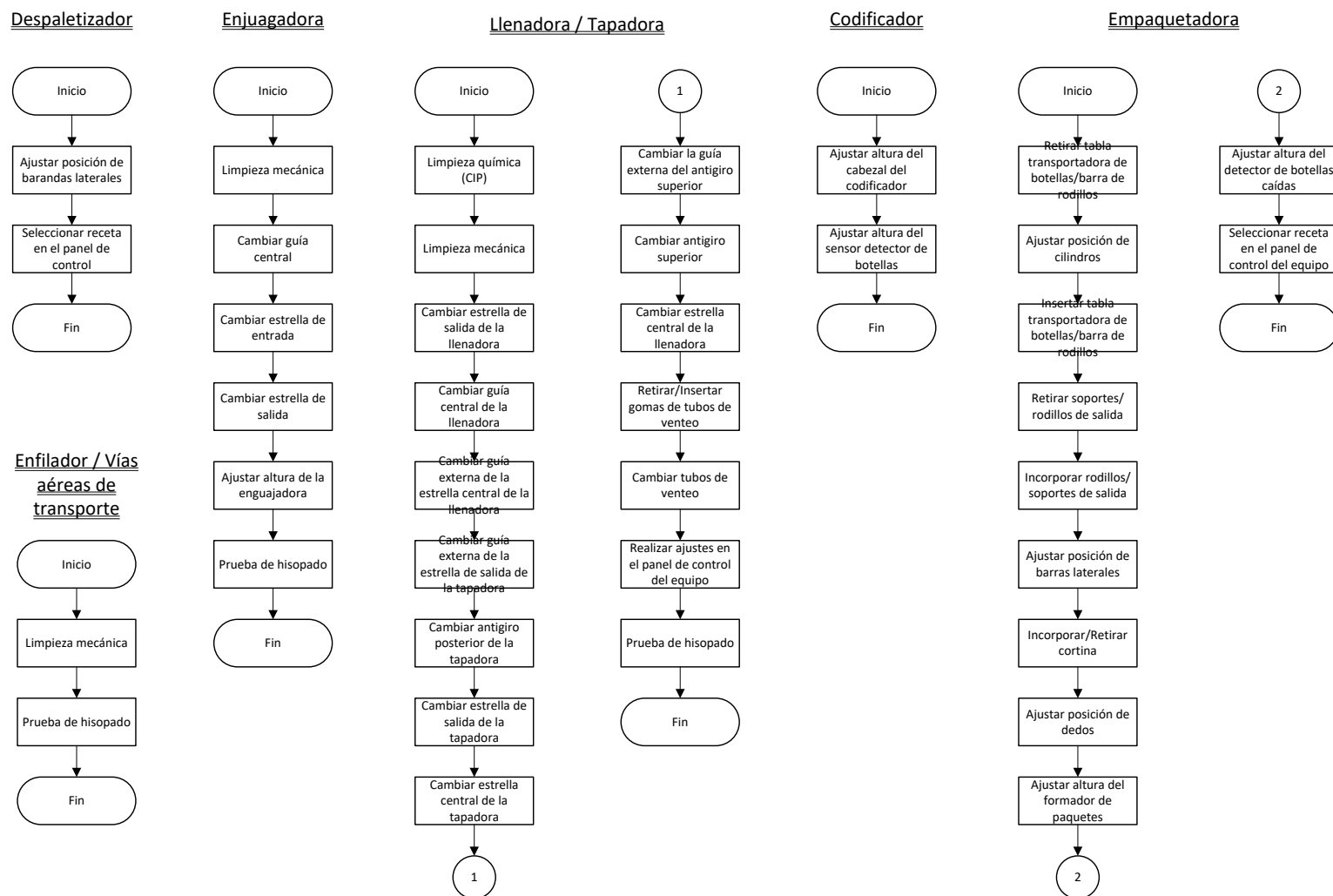


Figura 12. Diagramas de flujo del procedimiento de cambio de formato en los equipos de la línea de envasado 4

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 se presenta el número de veces que se ejecutan estas actividades en cada equipo, diferenciadas por tipo, de acuerdo a la metodología utilizada actualmente.

Tabla 11. *Número de actividades a ejecutar para realizar los ajustes mecánicos del procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 4*

|                                                        | Cantidad  |                                   |             |                    |             |               | Total      |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------------|-------------|---------------|------------|
|                                                        | Enfilador | Vías aéreas/cadenas de transporte | Enjuagadora | Llenadora/Tapadora | Codificador | Empaquetadora |            |
| <b>Actividades</b>                                     |           |                                   |             |                    |             |               |            |
| Ajuste de parámetros eléctricos                        | -         | -                                 | 1           | 1                  | -           | 1             | 3          |
| Ajuste de posición de partes y piezas con herramientas | 2         | -                                 | -           | 1                  | 2           | 17            | 22         |
| Ajuste de posición de partes y piezas sin herramientas | -         | -                                 | 1           | -                  | -           | -             | 1          |
| Cambio de partes y piezas con herramientas             | -         | -                                 | 3           | 61                 | -           | 3             | 67         |
| Cambio de partes y piezas sin herramientas             | -         | -                                 | -           | 53                 | -           | -             | 53         |
| Limpieza mecánica                                      | -         | 1                                 | 1           | 1                  | -           | -             | 3          |
| Limpieza química (CIP)                                 | -         | -                                 | -           | 1                  | -           | -             | 1          |
| Prueba de hisopado                                     | -         | 1                                 | 1           | 1                  | -           | -             | 3          |
| <b>TOTAL</b>                                           | <b>2</b>  | <b>2</b>                          | <b>7</b>    | <b>119</b>         | <b>2</b>    | <b>21</b>     | <b>153</b> |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI

### DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se presentan los datos correspondientes a los procesos de cambios de formato que se han llevado a cabo en las líneas de envasado 1, 2 y 4, desde junio del año 2013 hasta enero del año 2016. Estos datos permiten conocer la fecha, línea, turno, eficiencia de la línea, tipo de cambio y tiempo de ejecución de cada uno de los procesos efectuados.

Esto, con el fin de conocer el comportamiento histórico del procedimiento de cambio de formato en Planta San Pedro. En el Anexo 21 se presentan los datos utilizados para realizar el estudio.

#### VI.1. Tiempos de parada por concepto de los cambios de formato

##### VI.1.1. Frecuencia de ejecución del procedimiento de cambio de formato

A partir de los datos recopilados fue posible conocer el número de cambios de formato realizados en cada línea de envasado durante el periodo de estudio (desde junio de 2013 hasta enero de 2016).

La Tabla 12 refleja la totalidad de cambios de formato ejecutados en cada línea de envasado.

Tabla 12. *Número de cambios de formatos ejecutados en las líneas de envasado 1, 2 y 4 en los años 2013, 2014, 2015 y 2016.*

| Línea de envasado | Año  |      |      |      | Total     |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|
|                   | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |           |
| <b>Línea 1</b>    | 0    | 7    | 12   | 0    | <b>19</b> |
| <b>Línea 2</b>    | 2    | 30   | 29   | 0    | <b>61</b> |
| <b>Línea 4</b>    | 1    | 8    | 1    | 1    | <b>11</b> |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

La Tabla 13 refleja con qué frecuencia se ha ejecutado el procedimiento de cambio de formato mes a mes, en cada línea de envasado.

Tabla 13. *Número de cambios de formato promedio ejecutados mensualmente en las líneas de envasado 1, 2 y 4.*

|                        | Líneas de envasado |         |         |
|------------------------|--------------------|---------|---------|
|                        | Línea 1            | Línea 2 | Línea 4 |
| N° de cambios promedio | 3,13               | 3,81    | 1,76    |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

### VI.1.2. Tiempo de ejecución del procedimiento de cambio de formato

En las Tabla 14, 15 y 16 se muestran cómo se distribuye el tiempo de ejecución del proceso de cambio de formato en cada una de las líneas de envasado.

Tabla 14. *Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 1*

| Tiempo de parada (minutos) | Frecuencia | N° total de observaciones | Media | Desviación estándar |
|----------------------------|------------|---------------------------|-------|---------------------|
| 70,0 - 126,3               | 11         | 19                        | 147,7 | 69,6                |
| 126,3 - 182,5              | 3          |                           |       |                     |
| 182,5 - 238,8              | 1          |                           |       |                     |
| 238,8 - 295,0              | 4          |                           |       |                     |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

Tabla 15. *Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 2*

| Tiempo de parada (minutos) | Frecuencia | N° total de observaciones | Media | Desviación estándar |
|----------------------------|------------|---------------------------|-------|---------------------|
| 30,0 - 63,3                | 13         | 61                        | 106,4 | 48,0                |
| 63,3 - 96,7                | 17         |                           |       |                     |
| 96,7 - 130,0               | 12         |                           |       |                     |
| 130,0 - 163,3              | 11         |                           |       |                     |
| 163,3 - 196,7              | 5          |                           |       |                     |
| 196,7 - 230,0              | 3          |                           |       |                     |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

Tabla 16. *Tabla de distribución de frecuencias. Proceso de cambio de formato en la línea de envasado 4*

| Tiempo de parada<br>(minutos) | Frecuencia | N° total de<br>observaciones | Media | Desviación<br>estándar |
|-------------------------------|------------|------------------------------|-------|------------------------|
| 149,0 – 194,0                 | 6          | 10                           | 221,4 | 68,1                   |
| 194,0 – 239,0                 | 1          |                              |       |                        |
| 239,0 – 284,0                 | 1          |                              |       |                        |
| 284,0 – 329,0                 | 3          |                              |       |                        |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

### VI.1.3. Evaluación de cajas no producidas por la ejecución del proceso de cambio de formato en las líneas de envasado

Una vez conocidos los valores correspondientes al tiempo de parada promedio y la frecuencia de ejecución del procedimiento, se procede a calcular un valor estimado del número de cajas de agua no producidas durante el tiempo de parada por concepto del cambio de formato.

Para esto fue necesario conocer los siguientes valores que maneja la empresa:

- Velocidad nominal que maneja cada presentación en cada línea de envasado, medida en número de cajas por minuto.
- Porcentaje de productividad objetivo de la línea de envasado, de acuerdo a la planificación de producción y al plan de necesidades de la empresa.
- Porcentaje de eficiencia de la línea, de acuerdo al número de cajas promedio producidas y a la capacidad de la línea.

En la Tabla 17 se presentan los datos utilizados para la estimación del número de cajas no producidas en cada línea de envasado por concepto de la ejecución del cambio de formato.

Tabla 17. *Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por línea de envasado*

| Línea de envasado | Presentación | Tiempo de parada promedio (minutos) | % de eficiencia promedio | Velocidad nominal de la línea (cajas/minuto) | Frecuencia de ejecución promedio (cambios/mes) |
|-------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1                 | 355 ml TR    | 147,7                               | 67,17%                   | 9,05                                         | 3,125                                          |
|                   | 600 ml TR    |                                     |                          | 9,05                                         |                                                |
| 2                 | 600 ml TR    | 106,4                               | 60,22%                   | 10,60                                        | 3,806                                          |
|                   | 1500 ml TR   |                                     |                          | 11,87                                        |                                                |
| 4                 | 600 ml TR    | 221,4                               | 44,21%                   | 2,83                                         | 1,758                                          |
|                   | 330 ml SPK   |                                     |                          | 3,33                                         |                                                |

Fuente: Departamento de Producción. Pepsi – Cola Venezuela C. A. Planta San Pedro

Para realizar el cálculo del número estimado de cajas no producidas, se utilizará la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de cajas no producidas anualmente} = T * \%E * V * F * 12$$

Donde, T: Tiempo de parada promedio de la línea

%E: % de eficiencia promedio de la línea

V: Velocidad nominal de la línea

F: Frecuencia de ejecución promedio

En las Tablas 18 y 19 se muestran las estimaciones del número de cajas de agua no producidas anualmente, por concepto del cambio de formato.

Tabla 18. *Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por presentación*

| Presentación                             | N° de cajas no producidas anualmente |
|------------------------------------------|--------------------------------------|
| Botella 355 ml tapa rosca Agua Mineral   | 16.835                               |
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   | 35.271                               |
| Botella 1500 ml tapa rosca Agua Mineral  | 17.364                               |
| Botella 330 ml Sparkling Agua Gasificada | 3.442                                |
| <b>Total</b>                             | <b>72.912</b>                        |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. *Estimación de número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, por línea de envasado*

| Línea de envasado | N° de cajas no producidas anualmente |
|-------------------|--------------------------------------|
| 1                 | 33.670                               |
| 2                 | 32.874                               |
| 4                 | 6.368                                |
| <b>Total</b>      | <b>72.912</b>                        |

Fuente: Elaboración propia

## VI.2. Análisis estadístico de los tiempos de parada por concepto de los cambios de formato

A partir de los datos recopilados, se desea establecer una tabla de posición que permita categorizar el proceso de cambio de formato de acuerdo a los factores de estudio: líneas de envasado y turnos de producción. En otras palabras, se desea conocer si el tiempo de ejecución del cambio de formato se diferencia por línea de envasado y por turno de producción. Para esto, se ejecuta un análisis estadístico de cada uno de estos factores con base al tiempo (en minutos) empleado para ejecutar el proceso.

En la Tabla 20 se puede apreciar los valores correspondientes a la media, la desviación estándar y el número de observaciones utilizados para el análisis de las observaciones de cada nivel de los factores del estudio, es decir, los niveles: línea 1, 2 y 4, del factor “líneas de envasado”; y los niveles: turno 1, 2 y 3, del factor “turnos de producción”. Es posible observar los histogramas en el Anexo 22

Tabla 20. *Observaciones del tiempo de ejecución del cambio de formato, para los niveles de los factores de estudio: línea de envasado y turno de producción*

|                                      | Línea de envasado |         |         | Turno de producción |         |         |
|--------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
|                                      | Línea 1           | Línea 2 | Línea 4 | Turno 1             | Turno 2 | Turno 3 |
| <b>N° de observaciones</b>           | 19                | 61      | 11      | 49                  | 25      | 17      |
| <b>Media (minutos)</b>               | 147,7             | 106,4   | 221,4   | 126,2               | 141,8   | 117,7   |
| <b>Desviación estándar (minutos)</b> | 69,61             | 48,02   | 68,1    | 62,85               | 74,96   | 67,27   |

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de determinar si las observaciones provienen de una distribución normal o de una distribución uniforme, se procedió a realizar la prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov – Smirnov, para cada caso, con un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ . Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. *Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov*

| Factor de estudio    | Nivel del factor | p- valor |          |
|----------------------|------------------|----------|----------|
|                      |                  | Normal   | Uniforme |
| Líneas de producción | Línea 1          | 0.0473   | 0.0246   |
|                      | Línea 2          | > 0.15   | < 0.01   |
|                      | Línea 4          | 0.0496   | 0.111    |
| Turno de producción  | Turno 1          | 0.139    | < 0.01   |
|                      | Turno 2          | < 0.005  | 0.0358   |
|                      | Turno 3          | 0.0209   | < 0.01   |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados anteriores permiten concluir al 5% de significación de la prueba, que los datos analizados no se ajustan a una distribución normal ni una distribución uniforme.

De manera que, para el análisis estadístico de esta muestra, que no supone ninguna forma determinada de la distribución de la población, se aplicará el método no paramétrico “Prueba H de Kruskal – Wallis”, ya que la misma no amerita las suposiciones o comprobaciones de la normalidad de los datos y a su vez, compara las muestras de cada uno de los niveles de los factores a través del parámetro: la mediana.

### VI.2.1 Prueba H de Kruskal – Wallis

La aplicación de la prueba H de Kruskal - Wallis a los datos obtenidos permitirá determinar si el parámetro “mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato”, de cada una de las líneas de envasado y turnos de producción, proviene de poblaciones idénticas.

Para este estudio, se utiliza un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ . Por lo tanto, para un p-valor menor o igual que el nivel de significación  $\alpha$  deseado, se rechaza la hipótesis nula correspondiente: las medianas del factor i-ésimo en estudio son iguales.

El determinar si los niveles de un factor provienen o no de la misma población permitirá saber si existe un parámetro de comparación entre cada factor de estudio y, en caso de existir, establecer un orden de desempeño de los mismos.

### VI.2.1.1. Prueba de Kruskal – Wallis para el factor líneas de envasado

La hipótesis a probar es la siguiente:

$H_0$ : Todas las medianas del factor líneas de envasado son iguales

$H_1$ : Al menos una de las medianas del factor líneas de envasado es diferente

En la Tabla 22 se presentan los resultados obtenidos mediante la prueba de Kruskal – Wallis para el factor líneas de envasado.

Tabla 22. *Prueba de Kruskal – Wallis: Tiempo (min) vs Línea de envasado*

| Línea                      | N  | Mediana | Z     |
|----------------------------|----|---------|-------|
| 1                          | 19 | 120,00  | 1,32  |
| 2                          | 61 | 98,00   | -4,12 |
| 4                          | 11 | 186,00  | 4,30  |
| General                    | 91 |         |       |
| H = 23,23 GL = 2 P = 0,000 |    |         |       |

Fuente: Elaboración propia

Donde, H: valor del estadístico de prueba de Kruskal – Wallis

GL: grados de libertad de la distribución H

P: p-valor de la prueba de hipótesis

N: número muestras tomadas para cada factor

Z: valor estandarizado que indica en qué medida difiere la media de los rangos de todas las observaciones del mismo factor

Dado que el p-valor es inferior al nivel de significación de la prueba (0,05), se rechaza la hipótesis nula. De manera que existen evidencias muestrales que permiten concluir, al 5% de significación de la prueba, que la mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato es diferente para al menos una línea de envasado.

Adicionalmente, observando los valores estandarizados Z de la Tabla 22, se establece el orden de desempeño de las líneas de envasado. Este orden se presenta a continuación.

Tabla 23. *Desempeño de las líneas de envasado*

| Posición      | Línea de envasado | Z     |
|---------------|-------------------|-------|
| Primer lugar  | 2                 | -4,12 |
| Segundo lugar | 1                 | 1,32  |
| Tercer lugar  | 4                 | 4,30  |

Fuente: Elaboración propia

Al interpretar los valores Z de la Tabla 23, se puede señalar que el tiempo requerido para el cambio de formato en la línea 2 es significativamente menor que en las líneas 1 y 4.

#### VI.2.1.2. Prueba de Kruskal – Wallis para el factor turno de producción

Ya que se estableció que la mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato es diferente para cada línea de envasado, se realizará la prueba de Kruskal – Wallis para el factor turno de producción, para cada línea de envasado.

##### VI.2.1.2.1. Prueba de Kruskal – Wallis. Factor: turno de producción. Línea 1

La prueba de hipótesis a probar es la siguiente

$H_0$ : Todas las medianas del factor turnos de producción son iguales en la línea de envasado 1

$H_1$ : Al menos una de las medianas del factor turnos de producción es diferente en la línea de envasado 1

En la Tabla 24 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para el factor turnos de producción.

Tabla 24. *Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 1*

| Turno                     | N  | Mediana | Z     |
|---------------------------|----|---------|-------|
| 1                         | 12 | 120,00  | -0,38 |
| 2                         | 6  | 150,00  | 0,83  |
| 3                         | 1  | 99,00   | -0,91 |
| General                   | 19 |         |       |
| H = 1,32 GL = 2 P = 0,517 |    |         |       |

Fuente: Elaboración propia

El p-valor es superior al nivel de significación de la prueba (0.05), de manera que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, no existen evidencias muestrales que permiten concluir, al 5% de significación de la prueba, que la mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato sea diferente para al menos un turno de trabajo, en la línea de envasado 1.

##### VI.2.1.2.2. Prueba de Kruskal – Wallis. Factor: turno de producción. Línea 2

La prueba de hipótesis a probar es la siguiente

$H_0$ : Todas las medianas del factor turnos de producción son iguales en la línea de envasado 2

$H_1$ : Al menos una de las medianas del factor turnos de producción es diferente en la línea de envasado 2

En la Tabla 25 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para el factor turnos de producción.

Tabla 25. *Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 2*

| Turno                     | N  | Mediana | Z     |
|---------------------------|----|---------|-------|
| 1                         | 32 | 106,00  | -0,03 |
| 2                         | 14 | 94,00   | 0,03  |
| 3                         | 15 | 98,00   | -0,06 |
| General                   | 61 |         |       |
| H = 0,00 GL = 2 P = 0,998 |    |         |       |

Fuente: Elaboración propia

El p-valor es superior al nivel de significación de la prueba (0.05), de manera que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, no existen evidencias muestrales que permiten concluir, al 5% de significación de la prueba, que la mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato sea diferente para al menos un turno de trabajo, en la línea de envasado 2.

#### VI.2.1.2.3. Prueba de Kruskal – Wallis. Factor: turno de producción. Línea 4

La prueba de hipótesis a probar es la siguiente

$H_0$ : Todas las medianas del factor turnos de producción son iguales en la línea de envasado 4

$H_1$ : Al menos una de las medianas del factor turnos de producción es diferente en la línea de envasado 4

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal – Wallis para el factor turnos de producción.

Tabla 26. *Prueba de Kruskal-Wallis: Tiempo (min) vs Turno de producción. Línea 2*

| Turno                     | N  | Mediana | Z     |
|---------------------------|----|---------|-------|
| 1                         | 5  | 186,00  | 0,55  |
| 2                         | 5  | 167,00  | -1,10 |
| 3                         | 11 | 309,00  | 0,95  |
| General                   | 11 |         |       |
| H = 1,64 GL = 2 P = 0,441 |    |         |       |

Fuente: Elaboración propia

El p-valor es superior al nivel de significación de la prueba (0.05), de manera que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, no existen evidencias muestrales que permiten concluir, al 5% de significación de la prueba, que la mediana del tiempo de ejecución del cambio de formato sea diferente para al menos un turno de trabajo, en la línea de envasado 4.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANÁLISIS CUALITATIVO**

Con el fin de identificar y analizar los elementos que afectan el desempeño del proceso de cambio de formato, se aplicaron las siguientes técnicas metodológicas y de recolección de datos: observación directa y entrevistas al personal involucrado en el proceso. Con ello se pudo caracterizar la situación actual en la Planta, la cual se muestra en los Diagramas de Causa y Efecto para cada una de las líneas de envasado.

Los diagramas presentados a continuación se encuentran categorizados de acuerdo a los equipos que requieren modificaciones mecánicas para ejecutar el cambio de formato de la misma, en cada línea de envasado.

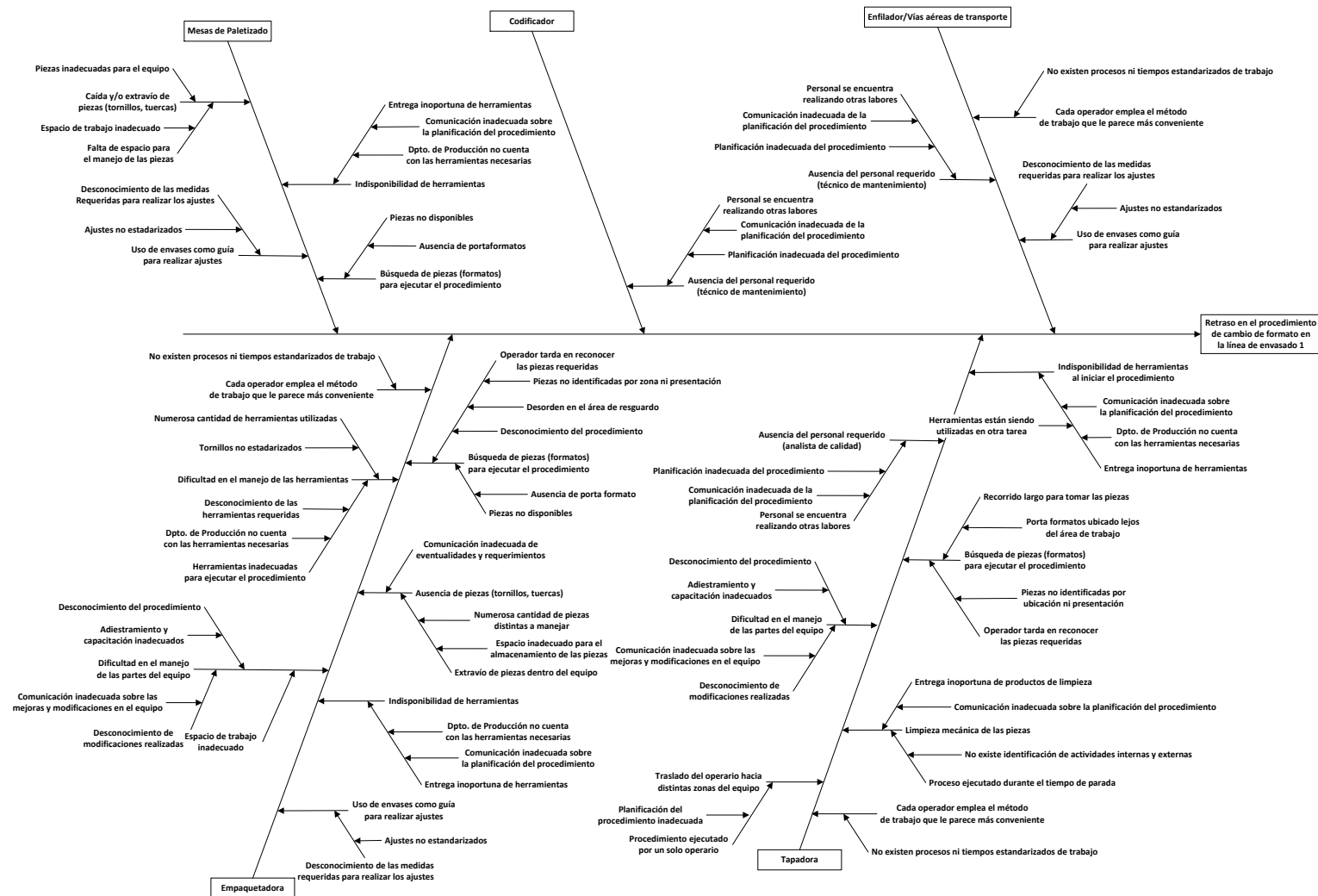


Figura13. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 1

Fuente: Elaboración propia

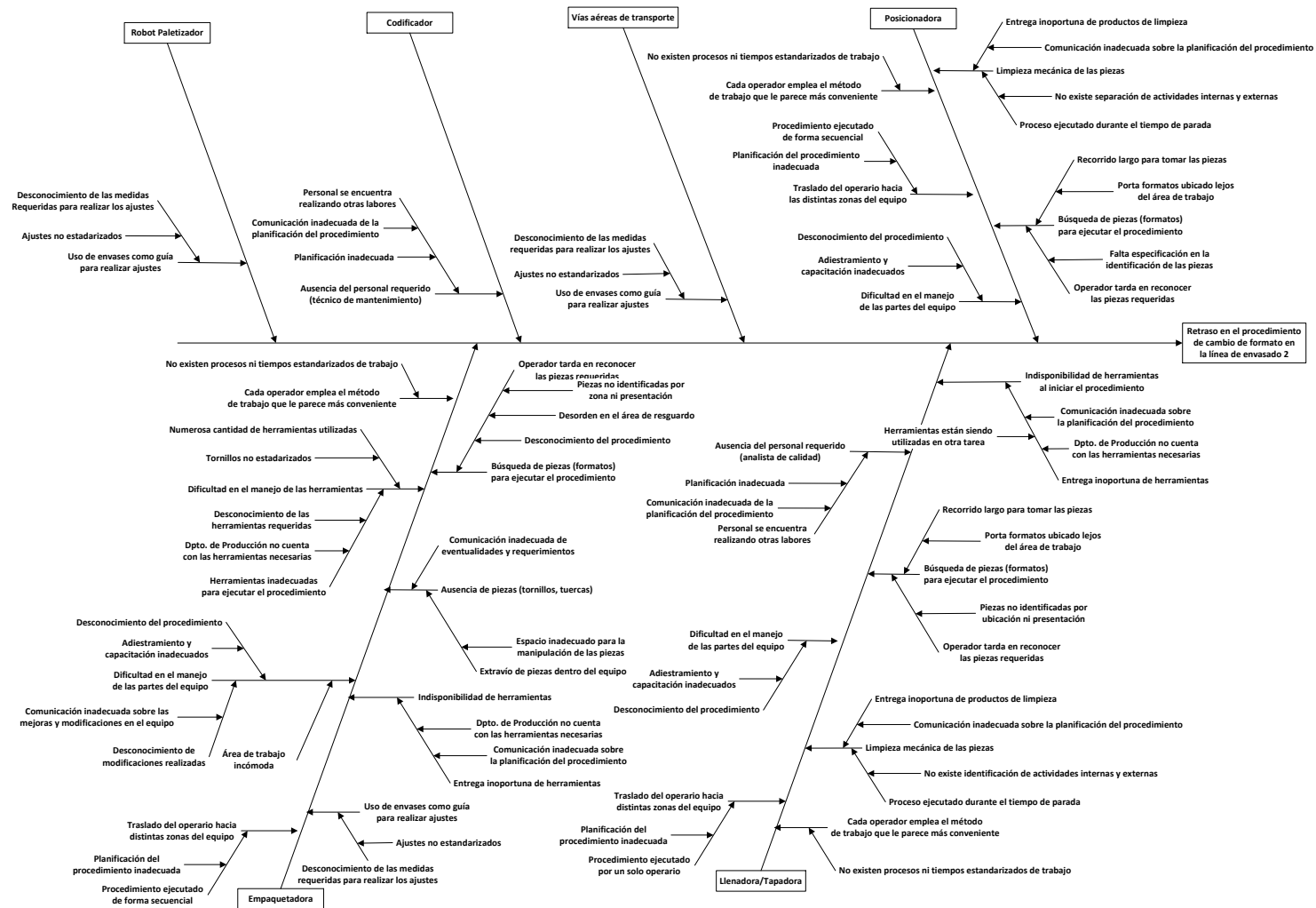


Figura 14. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 2

Fuente: Elaboración propia

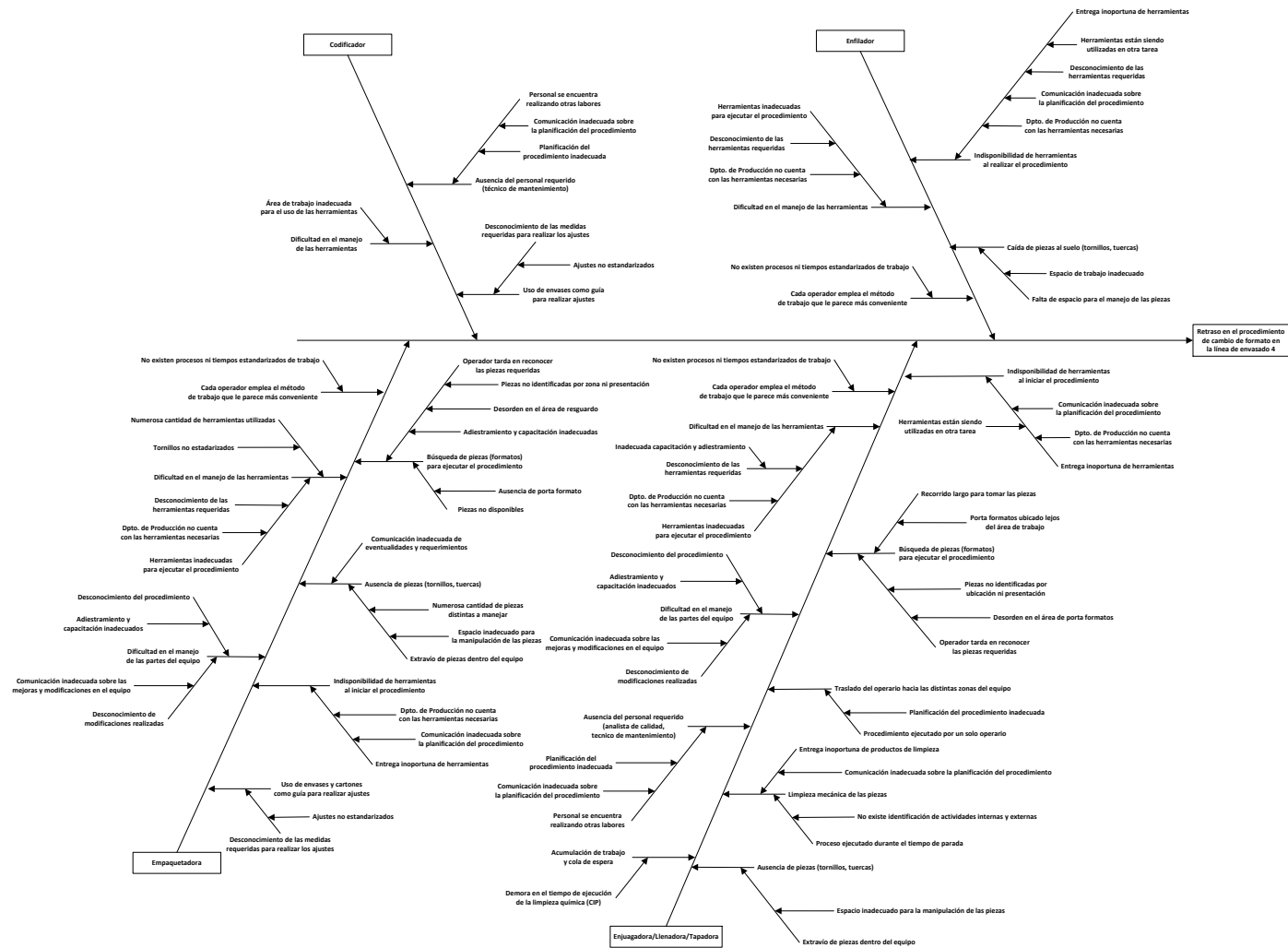


Figura 15. Diagrama causa y efecto de los elementos que afectan el procedimiento de cambio de formato en la línea de envasado 4

Fuente: Elaboración propia

### **VII.1. Análisis de los elementos que afectan el procedimiento**

Para el análisis de los elementos que afectan el desempeño del procedimiento, se clasificarán según las siguientes categorías, relacionadas con las causas raíces:

1. Herramientas.
2. Partes y piezas.
3. Ajustes.
4. Recursos humanos.
5. Planificación.
6. Comunicación.

#### **VII.1.1. Herramientas**

La entrega inoportuna de las herramientas requeridas es uno de los principales elementos que retrasan el proceso. Esto se debe a factores tales como que el Departamento de Producción no cuenta con la totalidad de las herramientas requeridas o que las mismas están siendo utilizadas en otras tareas al momento de ejecutar el procedimiento, de manera que es necesario solicitarlas al Departamento de Mantenimiento.

Esto, a su vez, genera que el proceso dependa de la disponibilidad de los técnicos de mantenimiento, pertenecientes al Departamento de Mantenimiento, para suministrar las herramientas requeridas por el procedimiento de cambio de formato.

Un elemento que afecta el proceso, y que se observó que se presenta con frecuencia, es el uso de herramientas no adecuadas para los equipos, bien sea por ausencia de las mismas o por desconocimiento de los requerimientos de los equipos; tanto por parte del Supervisor de Producción como de los Operadores Multifuncionales.

Este hecho genera dificultades en el manejo de las herramientas ya que las mismas no son aptas para realizar determinadas tareas y, consecuentemente retrasan el proceso e incluso pueden llegar a perjudicar el funcionamiento de los equipos.

Otro de los aspectos de disconformidad asociados al uso de herramientas, es que, en varias oportunidades debido a no contar con un espacio adecuado para colocar dichas herramientas o la gran cantidad de herramientas que los operadores deben manejar (debido a la falta de estandarización de los tornillos), las herramientas en cuestión se caen,

generando así pérdidas de tiempo asociadas a la búsqueda de estas dentro de la maquina o en el piso del área de trabajo.

En la Tabla 27 se muestran las herramientas requeridas en los equipos de cada línea de envasado.

Tabla 27. *Requerimiento de herramientas para ejecutar el cambio de formato en las líneas de envasado*

|                     |                      |                              |
|---------------------|----------------------|------------------------------|
| Línea de envasado 1 | Enfilador            | Llave de boca 13 mm          |
|                     |                      | Llave de boca 14 mm          |
|                     | Codificador          | Llave Allen n°3              |
|                     |                      | Llave Allen n° 8             |
|                     | Empaquetadora        | Llave Allen n°4              |
|                     |                      | Llave Allen n° 6             |
| Llave Allen n° 8    |                      |                              |
| Llave de boca 13 mm |                      |                              |
| Paletizador         | Llave Allen n° 4     |                              |
| Línea de envasado 2 | Llenadora / Tapadora | Llave de boca 13 mm          |
|                     | Empaquetadora        | Llave Allen n° 4             |
|                     |                      | Llave Allen n° 6             |
|                     |                      | Llave de boca ½ pulg         |
| Línea de envasado 4 | Enfilador            | Llave Allen n° 8             |
|                     | Enjuagadora          | Llave de boca 13 mm          |
|                     | Llenadora / Tapadora | Llave de boca 13 mm          |
|                     |                      | Llave de boca ajustable      |
|                     | Codificador          | Llave Allen n° 8             |
|                     | Empaquetadora        | Llave Allen n° 3, 4, 5 y 3/8 |
| Llave de boca 13 mm |                      |                              |

Fuente: Elaboración propia

### VII.1.2. Partes y piezas

Al igual que el caso de las herramientas, debido a no contar con un espacio adecuado para colocar los tornillos, tuercas y arandelas que deben ser retirados o la gran cantidad de piezas que los operadores deben manejar; las piezas descritas se caen, generando así pérdidas de tiempo asociadas a la búsqueda de estas dentro de la máquina o en el piso del área de trabajo.

Este último elemento genera, en ocasiones, el extravío de piezas necesarias para realizar el procedimiento correctamente tanto en el momento como en ocasiones futuras.

Asimismo, se observó que las piezas o formatos que es necesario cambiar al realizar el procedimiento, no están identificados de acuerdo a la presentación a la que corresponden ni a su ubicación en los equipos. Este elemento que genera retrasos, ya que esto representa dificultades para el operador al momento de ubicar las piezas requeridas y de introducirlas a los equipos.

En esta línea de ideas, los porta-formatos –o su ausencia– también son elementos que pueden generar retrasos. Se entiende por porta – formatos el espacio físico en el cual son almacenados los formatos o piezas que se deben cambiar en cada uno de los equipos.

El estado de orden y limpieza de los porta-formatos, así como su ubicación con respecto a los equipos son elementos que afectan el procedimiento. Se ha observado que existe una distribución inadecuada de los espacios y falta de organización de las piezas lo cual dificulta al operador ubicar las piezas que requiere y, por tanto, mayor será el tiempo de ejecución del cambio de formato.

#### **VII.1.3. Ajustes**

Se advirtió que este proceso depende en gran medida de la disponibilidad de botellas correspondientes al formato que se va a producir, ya que los ajustes en ciertos casos no se encuentran estandarizados y las dimensiones de las botellas son utilizadas como guía para realizar dichos ajustes.

Esto ocasiona que los ajustes sean realizados con bastante inexactitud lo cual puede originar no conformidades en el proceso productivo al momento de arrancar las líneas de envasado y que se deba detener la línea para realizar ajustes nuevamente, implicando esto un re-trabajo.

Además, si no se cuenta con los envases correspondientes a la presentación a producir al momento de realizar el cambio de formato, esto repercute en pérdidas de tiempo, ya que será necesario detener el proceso porque se desconocen las dimensiones de los ajustes.

#### **VII.1.4. Recursos Humanos**

Se observó que cada operador emplea el método de trabajo que le parece más conveniente, debido a que no existe un procedimiento estandarizado y debidamente documentado para realizar las actividades. Estos problemas son consecuencia de la

administración poco eficaz de los procesos y recursos disponibles en la planta y a que no existen procesos y tiempos estandarizados de trabajo.

Además, la habilidad que tengan los operadores para la ejecución del proceso es uno de los factores que garantizará o no que el cambio de formato sea realizado en el menor tiempo posible; de manera que, un operador con una capacitación y adiestramiento no adecuados afectará el proceso.

Aunado a esto, se observó que actualmente no se evalúa ni se controla el desempeño del personal operativo, lo cual viene dado por la ausencia de indicadores de gestión que permitan medir y analizar el desempeño y calidad del trabajo realizado por el personal, así como identificar las deficiencias y desviaciones presentes a fin de establecer propuestas de mejora o solución a los problemas existentes.

Conjuntamente, no todas las actividades concernientes al cambio de formato son realizadas por los operadores, ya que no cuentan con la autorización ni la capacitación para realizarlas. Esto genera que el proceso dependa de la disponibilidad de los técnicos de mantenimiento para realizar los ajustes pertinentes.

#### **VII.1.5. Planificación**

Fue posible notar que el proceso de cambio de formato es realizado de manera secuencial, aunque existen múltiples actividades que son independientes unas de otras. Asimismo, varias de las actividades requeridas por cada equipo, tales como la búsqueda de formatos y la limpieza mecánica de los mismos, no requieren que las líneas de envasado estén detenidas, de manera que ejecutar estas actividades durante el tiempo de parada ocasiona que el tiempo de ejecución del cambio de formato se prolongue.

Estos aspectos representan una sub-utilización de los Operadores Multifuncionales, producto de una inadecuada asignación y programación de tareas y recursos, lo cual es un claro reflejo de que no existe un método o sistema establecido para planificar y programar el procedimiento, que considere el tiempo estándar de las operaciones y la utilización de los recursos.

Por otro lado, este es un proceso que está sujeto a la presencia de personal perteneciente a otros departamentos (Departamentos de Calidad y Mantenimiento); y se observó que, con frecuencia, al momento de realizar el cambio de formato, este personal se

encuentra realizando otras labores, lo cual retrasa el procedimiento. Esto se debe principalmente a fallas en la planificación del procedimiento y a una comunicación no efectiva entre los departamentos.

#### **VII.1.6. Comunicación**

Se observó que, con frecuencia, el personal del Departamento de Mantenimiento realiza mejoras y modificaciones en los equipos de las distintas líneas de envasado. Sin embargo, en ocasiones estas modificaciones no son notificadas a los operadores y, por consiguiente, este desconocimiento representa una dificultad al momento de manipular los equipos y, por consiguiente, de ejecutar el cambio de formato.

Este hecho ejemplifica que existe una inadecuada comunicación tanto a nivel interdepartamental como dentro del Departamento de Producción sobre las actividades que son realizadas en la Planta y que afectan directamente los equipos de las líneas de envasado.

Asimismo, esto refleja que existe un inadecuado plan de capacitación y adiestramiento de los operadores tras realizar cambios en su medio de trabajo.

Por último, se notó que también existe una comunicación inadecuada a nivel departamental sobre las eventualidades y requerimientos de los equipos ya que, a menudo, las mismas no son notificadas y esto trae como consecuencia que las fallas presentadas no sean corregidas y dificulten la ejecución del procedimiento. Una buena comunicación ayuda a evitar errores, duplicaciones de esfuerzo y retrabajos.

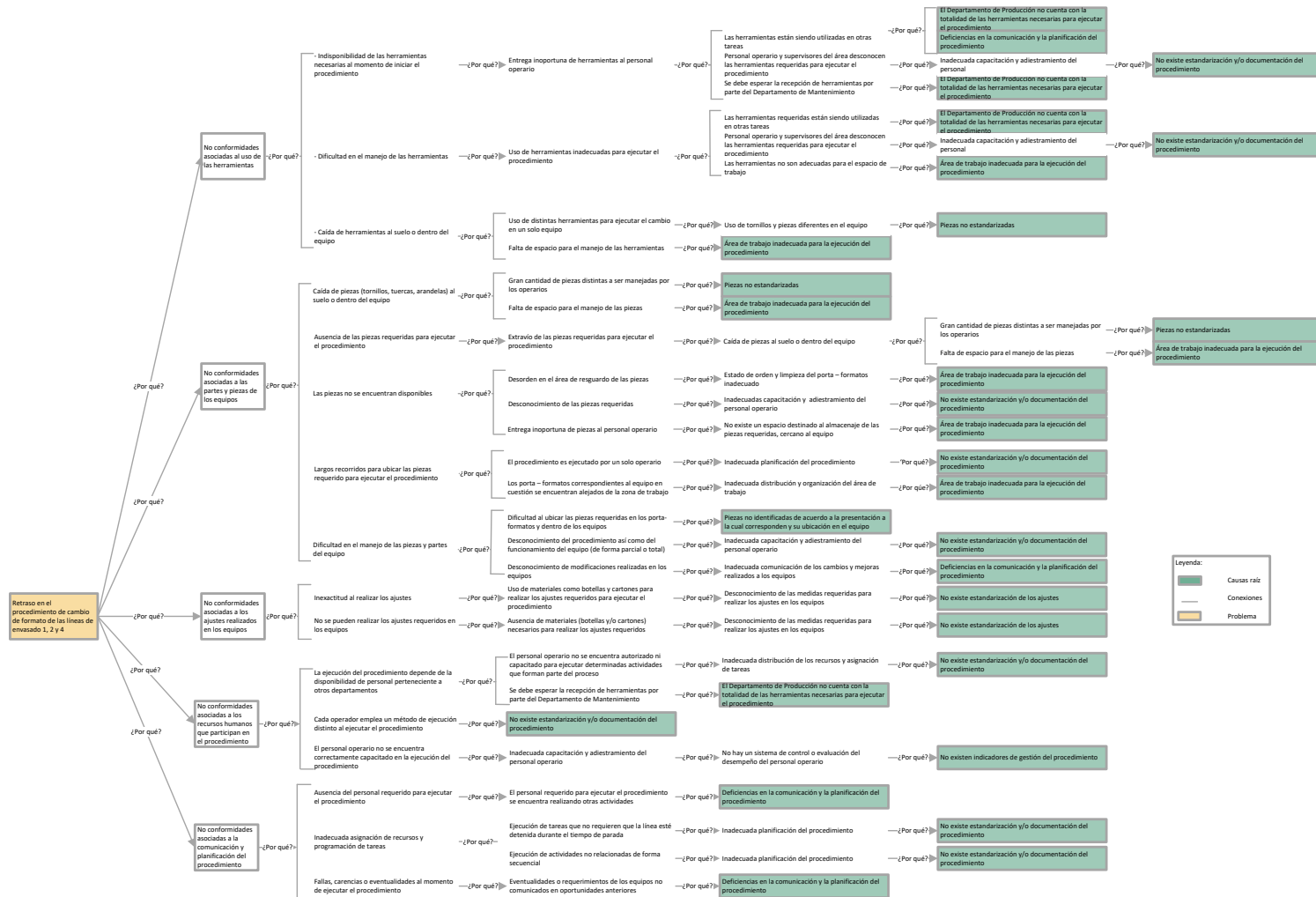


Figura 16. Diagrama Why – Why para identificación de causa raíz

Fuente: Elaboración propia

## VII.2. Jerarquización de los factores que afectan el desempeño del proceso de cambio de formato

Una vez identificadas las causas raíces de los problemas evidenciados en el proceso de cambio de formato de las líneas de envasado, se procedió a construir una matriz para su jerarquización y así poder establecer aquellos factores que afectan el desempeño del proceso, que requieren mayor atención.

A partir de esta matriz se pudo evaluar las causas y establecer su grado de criticidad, para así poder posteriormente formular propuestas de mejora y planes de acción. A continuación, se presenta la escala utilizada para evaluar el grado de impacto de las causas o factores en el desempeño del proceso:

Tabla 28. Ponderación utilizada en matriz de jerarquización

| Valor | Impacto           |
|-------|-------------------|
| 5     | Muy alta atención |
| 4     | Alta atención     |
| 3     | Media atención    |
| 2     | Baja atención     |
| 1     | Muy baja atención |

Fuente: Elaboración propia

Para establecer el grado de criticidad de las causas raíces se consideró la opinión y evaluación profesional del Gerente de Producción, Especialista de Producción, Supervisor de Producción y Tesista; de acuerdo a las observaciones que hayan realizado durante el procedimiento. Para esto se realizó un promedio ponderado de acuerdo a la calificación asignada por cada actor.

Para la evaluación, se organizaron las causas raíces consideradas de mayor a menor, de acuerdo al nivel de relevancia que le asigne cada actor.

En la Tabla 29, se muestran la jerarquización de los factores que afectan el desempeño del cambio de formato, producto de la evaluación realizada:

Tabla 29. *Matriz de jerarquización de los problemas del desempeño del proceso de cambio de formato*

| Causa raíz                                                                           | Gerente de<br>Producción | Especialista<br>de<br>Producción | Supervisor<br>de<br>Producción | Tesista | TOTAL |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------|-------|
|                                                                                      | 35%                      | 30%                              | 15%                            | 20%     |       |
| Falta de estandarización y/o documentación del procedimiento                         | 2                        | 7                                | 6                              | 7       | 5,10  |
| Falta de estandarización de las dimensiones de los ajustes requeridos en los equipos | 6                        | 4                                | 5                              | 4       | 4,85  |
| Falta de estandarización de las piezas                                               | 5                        | 6                                | 4                              | 3       | 4,75  |
| Deficiencias en la planificación y/o comunicación del procedimiento                  | 4                        | 2                                | 7                              | 6       | 4,25  |
| Desconocimiento del desempeño histórico de los cambios de formato                    | 7                        | 1                                | 2                              | 5       | 4,05  |
| Las herramientas disponibles para ejecutar el procedimiento son insuficientes        | 1                        | 5                                | 3                              | 1       | 2,50  |
| Área de trabajo inadecuada para la ejecución del procedimiento                       | 3                        | 3                                | 1                              | 2       | 2,50  |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VIII

### OPORTUNIDADES DE MEJORA

Tras haber analizado la problemática presente en la situación actual respecto a los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado, se detectaron aquellos factores o causas que afectan dichos procesos.

A partir de esto, se desarrollaron propuestas de soluciones factibles para cada uno de los factores detectados con la finalidad de elegir aquellas que generen mejores resultados y cuya implementación resulte más fácil. Es posible visualizar todas las propuestas desarrolladas en el Anexo 23.

Para la selección de las propuestas se realizó una evaluación tomando en consideración la opinión profesional del Gerente de Producción, Especialista de Producción, Supervisor de Producción y Tesista.

Además, se consideraron los siguientes factores en la evaluación de las propuestas: criticidad de la causa raíz, facilidad de ejecución, impacto positivo en el procedimiento y costo. Para la evaluación, se utilizó el criterio descrito en la Tabla 30.

Tabla 30. Criterio de evaluación de las soluciones propuestas

|                               | (5)                       | (4)           | (3)            | (2)           | (1)               |
|-------------------------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------|-------------------|
| <b>Criticidad</b>             | Muy alta atención         | Alta atención | Media atención | Baja atención | Muy baja atención |
| <b>Facilidad de ejecución</b> | Muy fácil                 | Fácil         | Regular        | Difícil       | Muy difícil       |
| <b>Impacto</b>                | Muy alto                  | Alto          | Regular        | Bajo          | Muy bajo          |
| <b>Costo</b>                  | Muy bajo - no tiene costo | Bajo          | Regular        | Alto          | Muy alto          |

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron en cuenta aquellas soluciones propuestas cuya calificación fue igual o mayor a 350 puntos. La calificación de todas las soluciones propuestas podrá ser visualizada en el Anexo 24.

La Tabla 31 muestra las soluciones propuestas seleccionadas

Tabla 31. *Evaluación de las soluciones propuestas*

|                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Criticidad</b> | <b>Facilidad de ejecución</b> | <b>Impacto</b> | <b>Costo</b>              | <b>Total</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|--------------|
| Identificar cada una de las piezas o formatos a ser manejados de acuerdo a la presentación a la cual correspondan (Agua Mineral Minalba 355 ml TR, 600 ML TR, 1500 ML TR; o Agua Gasificada Sparkling 330 ml) y su ubicación en el equipo | Muy alta atención | Muy fácil                     | Muy alto       | Muy bajo - no tiene costo | 625          |
| Elaborar manuales de procedimiento en los cuales se estandarice el procedimiento de cambio de formato para las líneas de envasado 1, 2 y 4; así como su tiempo de ejecución.                                                              | Muy alta atención | Muy fácil                     | Alto           | Muy bajo - no tiene costo | 500          |
| Implementar un sistema de identificación de los formatos en todas las líneas de envasado, estableciendo un código de colores para diferenciar cada una de las presentaciones a envasar.                                                   | Muy alta atención | Muy fácil                     | Alto           | Muy bajo - no tiene costo | 500          |
| Establecer un orden de ejecución de actividades en el cual, todas aquellas tareas que puedan realizarse con las máquinas en funcionamiento, se efectúen antes de detener las líneas de envasado                                           | Muy alta atención | Fácil                         | Muy alto       | Muy bajo - no tiene costo | 500          |
| Desarrollar un modelo de simulación que permita analizar el comportamiento del sistema al realizar tareas independientes de forma simultánea, inherentes al procedimiento de cambio de formato de cada línea de envasado                  | Muy alta atención | Muy fácil                     | Alto           | Muy bajo - no tiene costo | 500          |
| Desarrollar un modelo de simulación que permita determinar el número de operadores requeridos para ejecutar el procedimiento de cambio de formato en el menor tiempo posible                                                              | Muy alta atención | Muy fácil                     | Alto           | Muy bajo - no tiene costo | 500          |
| Estandarizar las dimensiones de los ajustes requeridos en los equipos de cada línea de envasado para cada                                                                                                                                 | Muy alta atención | Fácil                         | Muy alto       | Muy bajo - no tiene       | 500          |

Tabla 31. *Evaluación de las soluciones propuestas*

|                                                                                                                                                                                                                             | <b>Criticidad</b> | <b>Facilidad de ejecución</b> | <b>Impacto</b> | <b>Costo</b>              | <b>Total</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------|--------------|
| presentación a producir.                                                                                                                                                                                                    |                   |                               |                | costo                     |              |
| Desarrollar un sistema de evaluación a ser implementado en las jornadas de capacitación y adiestramiento con el fin de conocer la efectividad de dichas jornadas y, de ser necesario, realizar cambios en la metodología.   | Muy alta atención | Fácil                         | Alto           | Muy bajo - no tiene costo | 400          |
| Realizar jornadas de capacitación y adiestramiento sobre el cambio de formato de cada línea de envasado con la finalidad de que el personal involucrado en el procedimiento conozca todos los aspectos inherentes al mismo. | Muy alta atención | Regular                       | Muy alto       | Muy bajo - no tiene costo | 375          |
| Elaborar ayudas visuales donde se especifiquen las dimensiones de los ajustes en los equipos para cada presentación y colocarlas en las zonas cercanas a los equipos                                                        | Muy alta atención | Muy fácil                     | Regular        | Muy bajo - no tiene costo | 375          |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IX

### PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez seleccionadas las propuestas de mejora tomando en cuenta el nivel de criticidad de las causas raíces que afectan el proceso, la factibilidad de implementación y el impacto que generan; en el presente capítulo se detallan las actividades necesarias para llevar a cabo su implementación en la empresa.

#### **IX.1. Identificar cada una de las piezas o formatos a ser manejados de acuerdo a la presentación a la cual corresponden y su ubicación en el equipo.**

La correcta identificación de formatos y piezas es un elemento que permitirá agilizar, en gran medida, el proceso de cambio de formato. Implementar esta medida facilitará al operador la ubicación de las piezas requeridas en cada equipo, evitando así re-trabajos bien sea por tomar la pieza equivocada o por introducirla incorrectamente al equipo.

Con el fin de estandarizar esta identificación formatos, se propone implementar un sistema de codificación por colores para diferenciar las piezas correspondientes a cada una de las presentaciones a envasar (Agua Mineral Minalba 355 ml TR, 600 ML TR, 1500 ML TR; o Agua Gasificada Sparkling 330 ml).

En este sentido, y siguiendo la codificación establecida para el equipo posicionadora de la línea de envasado 2, se propone utilizar la siguiente codificación.

Tabla 32. *Sistema de codificación por colores*

| <b>Presentación</b>                      | <b>Color</b> |
|------------------------------------------|--------------|
| Botella 355 ml tapa rosca Agua Mineral   | Azul         |
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   | Verde        |
| Botella 1500 ml tapa rosca Agua Mineral  | Rojo         |
| Botella 330 ml Sparkling Agua Gasificada | Amarillo     |

Fuente: Elaboración propia

Esta medida permitirá que los operadores identifiquen fácilmente las piezas en cualquiera de las líneas de envasado que se encuentren laborando, de acuerdo a la presentación para la cual se está realizando el cambio de formato.

Además, se propone, en el caso de las estrellas y guías de los equipos, identificar el lado o cara que se debe colocar hacia arriba buscando que los operadores ingresen las piezas de forma correcta en los equipos.

En las Tablas 33, 34 y 35 se especifican los formatos a identificar en cada línea de envasado.

Tabla 33. *Formatos y piezas de la línea de envasado 1.*

| <b>Equipo</b>       | <b>Formatos</b>                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| Tapadora            | i. Guía de salida de envases llenos.                          |
|                     | ii. Estrella de salida de la tapadora.                        |
| Empaquetadora       | i. Guías laterales de la zona de película (2).                |
|                     | ii. Distanciadores de láminas oscilantes de canalización (2). |
| Mesas de paletizado | i. Barras de ajuste de parales de seguridad (2).              |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. *Formatos y piezas de la línea de envasado 2.*

| <b>Equipo</b>      | <b>Formato</b>                                               |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| Posicionadora      | ii. Bandejas y tacos de la parte superior del equipo (32).   |
|                    | iii. Bandejas posicionadoras (32).                           |
|                    | iv. Tacos de la estrella de salida (32).                     |
| Llenadora/Tapadora | i. Estrellas de transferencia (3).                           |
|                    | ii. Guías de transferencia (2).                              |
|                    | iii. Guías de cuello de botella (2).                         |
|                    | iv. Estrella de salida.                                      |
|                    | v. Guía de salida.                                           |
| Empaquetadora      | i. Distanciadores de láminas oscilantes de canalización (10) |
|                    | ii. Guía de entrada.                                         |
|                    | iii. Guías laterales de zona de película (2)                 |
|                    | iv. Guía de transferencia.                                   |
|                    | v. Barra de fijación de transportadores de entrada.          |
|                    | vi. Dedos separadores de paquetes (4)                        |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. *Formatos y piezas de la línea de envasado 4.*

| <b>Equipo</b>      |       | <b>Formato</b>                          |
|--------------------|-------|-----------------------------------------|
| Enjuagadora        | i.    | Estrella de entrada a la enjuagadora.   |
|                    | ii.   | Guía central de la enjuagadora.         |
|                    | iii.  | Estrella de salida de la enjuagadora    |
| Llenadora/Tapadora | i.    | Estrella de entrada llenadora.          |
|                    | ii.   | Estrella central llenadora.             |
|                    | iii.  | Guía central llenadora.                 |
|                    | iv.   | Guía estrella central llenadora.        |
|                    | v.    | Estrella central tapadora.              |
|                    | vi.   | Estrella de salida tapadora.            |
|                    | vii.  | Guía estrella salida tapadora.          |
|                    | viii. | Antigiro posterior tapadora.            |
|                    | ix.   | Antigiro superior.                      |
|                    | x.    | Guía antigiro superior.                 |
|                    | xi.   | Gomas de tope de tubos de venteo (48).  |
|                    | xii.  | Tubos de venteo (48).                   |
| Empaquetadora      | i.    | Tabla transportadora de botellas.       |
|                    | ii.   | Barras de rodillos transportadores (2). |

Fuente: Elaboración propia

## **IX.2. Estandarizar las dimensiones requeridas para cada presentación a producir, en los equipos de cada línea de envasado.**

Se observó que la gran mayoría de los equipos que requieren ajustes en la dimensión de la altura de sus partes de para adaptarlos a la presentación a producir, cuentan con útiles de precisión como plantillas, la cuales permiten mover la parte del equipo hasta una determinada dimensión.

Sin embargo, estas dimensiones no se encuentran estandarizadas por lo que es necesario utilizar botellas correspondientes a la presentación a producir como guía para realizar los ajustes pertinentes.

Como solución a este problema se propone estandarizar las dimensiones que corresponden al ajuste de cada parte, en cada equipo y en cada línea de envasado y elaborar ayudas visuales donde se especifiquen estas dimensiones de los ajustes para cada presentación y colocarlas en las zonas cercanas a los equipos de manera que los operadores puedan visualizarlas al momento de ejecutar el procedimiento.

Se recomienda estandarizar las dimensiones en los equipos y partes detallados a continuación.

Tabla 36. *Partes de equipos que requieren la estandarización de dimensiones de altura*

|         |                                              |                                                                        |
|---------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Línea 1 | Vías aéreas de transporte de botellas vacías | Volante de ajuste de altura de entrada a las vías aéreas de transporte |
|         | Tapadora                                     | Volante de ajuste de altura cadenas transportadoras                    |
|         | Empaquetadora                                | Detectores de botellas vacías                                          |
|         |                                              | Pisadores 1 y 2                                                        |
|         |                                              | Carro de posición de paquetes                                          |
|         |                                              | Barandas de entrada a las láminas oscilantes                           |
| Línea 2 | Empaquetadora                                | Barandas de entrada al equipo                                          |
|         |                                              | Vías aéreas de transporte de botellas vacías                           |
|         |                                              | Volante de ajuste de altura de entrada a las vías aéreas de transporte |
|         |                                              | Detectores de botellas vacías                                          |
|         | Paletizador                                  | Barandas internas superiores                                           |
| Línea 4 | Empaquetadora                                | Rodillo de entrada al horno                                            |
|         |                                              | Barras desviadoras de cajas                                            |
|         |                                              | Barras de rotación de cajas                                            |
|         |                                              | Enjuagadora                                                            |
|         | Empaquetadora                                | Altura de la enjuagadora                                               |
|         |                                              | Barra de formación de paquetes                                         |
|         |                                              | Detectores de botellas vacías                                          |
|         |                                              | Barandas laterales                                                     |
|         |                                              | Dedos de posición de paquetes                                          |

Fuente: Elaboración propia

### IX.3. Elaborar manuales de procedimiento para el procedimiento de cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4.

Para la elaboración de los manuales de procedimiento es necesario ejecutar las actividades especificadas en cada una de las etapas expuestas a continuación.

#### IX.3.1. ETAPA I: Identificar y separar operaciones internas y externas

Se detectó que existen actividades que no requieren que la línea se encuentre detenida para su ejecución y que están siendo realizadas como si fuesen internas. Estas actividades son las siguientes:

1. Búsqueda de piezas a cambiar en los equipos.
2. Limpieza mecánica de las piezas a cambiar en los equipos.
3. Hisopado por bioluminiscencia.

4. Búsqueda y entrega de herramientas y/o productos de limpieza necesarias para ejecutar el procedimiento.

En la Tabla 37 se especifica en qué casos ocurren las actividades señaladas.

Tabla 37. *Operaciones externas del procedimiento de cambio de formato en las líneas de envasado 1, 2 y 4*

| Actividad                             | Línea de envasado | Equipo                                                            |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Limpieza mecánica de piezas a cambiar | Línea 1           | Tapadora                                                          |
|                                       | Línea 2           | Posicionadora<br>Llenadora – Tapadora                             |
|                                       | Línea 4           | Enjuagadora<br>Llenadora – Tapadora                               |
| Búsqueda de piezas a cambiar          | Línea 1           | Tapadora<br>Empaquetadora<br>Mesas de paletizado                  |
|                                       | Línea 2           | Llenadora – Tapadora<br>Empaquetadora                             |
|                                       | Línea 4           | Enjuagadora<br>Llenadora – Tapadora<br>Empaquetadora              |
| Búsqueda y entrega de herramientas    | Línea 1           | Empaquetadora<br>Mesas de paletizado                              |
|                                       | Línea 2           | Llenadora – Tapadora<br>Empaquetadora                             |
|                                       | Línea 4           | Enfilador<br>Enjuagadora<br>Llenadora – Tapadora<br>Empaquetadora |

Fuente: Elaboración propia

### IX.3.2. ETAPA II: Convertir las operaciones internas en externas

Se recomienda realizar las operaciones externar antes de detener las líneas de envasado para realizar el cambio de piezas y utillajes. Esto permitirá reducir el tiempo invertido en el cambio de formato.

Para lograr esto es necesario, en primer lugar, estandarizar los procedimientos correspondientes a estas actividades externas, de manera de conocer el tiempo estándar de ejecución y el método de trabajo a utilizar, evitando así incurrir en re-trabajos.

Y, en segundo lugar, es necesario establecer un adecuado plan de comunicación entre todo el personal que interviene en el procedimiento, de manera que el personal

encargado sepa en qué momento debe iniciar la ejecución de las actividades externas de acuerdo a la planificación de la producción, de manera de haber culminado estas actividades antes de detener la línea de envasado para realizar el cambio de formato.

### **IX.3.3. ETAPA III: Estandarizar los tiempos de ejecución**

Se registró el tiempo correspondiente a cada una de las tareas que conforman el proceso de cambio de formato de cada equipo, por línea de envasado, con la finalidad de determinar el tiempo estándar requerido para efectuar cada tarea según una norma de ejecución preestablecida. Estas tareas fueron realizadas bajo las siguientes condiciones:

- Los tiempos registrados fueron tomados en los equipos mientras la línea de envasado se encontraba inoperativa.
- El Supervisor de Producción asignó la tarea del cambio de formato al Operador Principal correspondiente a cada equipo, en cada línea de envasado, y en cada turno de producción.
- Solo se consideraron las actividades internas inherentes al procedimiento.
- Las actividades correspondientes al cambio de formato se realizaron de manera secuencial.
- Antes de iniciar el proceso, se aseguró que se cumpliera lo siguiente:
  - Los operadores cuentan con las herramientas y piezas necesarias para la ejecución del cambio de formato.
  - Las piezas utilizadas están identificadas de acuerdo al formato de envasado al que corresponden.
  - Las dimensiones de los ajustes correspondientes a cada equipo se encuentran estandarizadas
- Se les pidió a los operadores realizar el procedimiento con velocidades acordes a su ritmo de trabajo diario (ni muy lento, ni muy rápido).

A partir de este estudio fue posible obtener el valor del tiempo estándar (TE) de cada una de las tareas que conforman el proceso de cambio de formato de cada equipo con un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ .

Se tomaron en cuenta los suplementos mostrados en la Tabla 38, en la determinación del tiempo estándar, tomando como referencia la tabla de suplementos

recomendados por la ILO (International Labour Office) y las tablas de factor de capacidad del operario del sistema Westinghouse. Estas tablas podrán ser visualizadas en los Anexos 25 y 26, respectivamente.

Tabla 38. *Tabla de suplementos para el estudio del tiempo estándar*

| Suplementos %                |           |
|------------------------------|-----------|
| Necesidades personales       | 5         |
| Básicos por fatiga           | 4         |
| Trabajo de pie               | 2         |
| Postura anormal              | 2         |
| Uso de fuerza (5 Kg. Aprox.) | 1         |
| <b>Total</b>                 | <b>14</b> |

Fuente: Elaboración propia

Es posible visualizar los datos del estudio de tiempos realizado en los Anexos del 27 al 46.

A continuación, se presentan los tiempos estandarizados, donde se muestra cuáles equipos representan la mayor inversión de tiempo al momento de realizar el procedimiento; para cada línea de envasado.

Tabla 39. *Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 1.*

| Equipo              | Tiempo estándar (mm:ss) | Desviación estándar (mm:ss) |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Empaquetadora       | 29:31                   | 01:45                       |
| Tapadora            | 13:41                   | 00:53                       |
| Mesas de paletizado | 05:15                   | 00:15                       |
| Codificador         | 03:00                   | 00:07                       |
| Enfilador           | 02:56                   | 00:07                       |
| Vías aéreas         | 01:49                   | 00:07                       |
| Despaletizador      | 00:29                   | 00:02                       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. *Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 2.*

| Equipo                 | Tiempo estándar (mm:ss) | Desviación estándar (mm:ss) |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Empaquetadora          | 39:49                   | 02:30                       |
| Posicionadora          | 30:37                   | 00:50                       |
| Llenadora - Tapadora   | 24:41                   | 00:56                       |
| Vías aéreas            | 05:28                   | 00:36                       |
| Codificador            | 03:58                   | 00:14                       |
| Paletizador automático | 03:12                   | 00:03                       |
| Despaletizador         | 00:31                   | 00:02                       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. *Tiempos estándar para el cambio de formato en la línea de envasado 4.*

| Equipo               | Tiempo estándar (hh:mm:ss) | Desviación estándar (hh:mm:ss) |
|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Llenadora – Tapadora | 03:11:12                   | 00:05:15                       |
| Empaquetadora        | 00:33:10                   | 00:01:15                       |
| Enjuagadora          | 00:09:05                   | 00:00:21                       |
| Codificador          | 00:07:28                   | 00:00:07                       |
| Enfilador            | 00:03:35                   | 00:00:07                       |
| Despaletizador       | 00:00:29                   | 00:00:02                       |

Fuente: Elaboración propia

A partir de las tablas anteriores se puede evidenciar que, en las tres líneas de envasado, los equipos que representan el cuello de botella del procedimiento (aproximadamente el 80% del tiempo invertido), corresponde apenas al 20% de la totalidad de equipos que requieren la aplicación del cambio de formato; confirmando así lo establecido por el principio de Pareto, el cual establece que “el 20 % de los defectos afectan en el 80 % de los procesos”.

#### **IX.3.4. ETAPA IV: Refinar los aspectos del procedimiento.**

Con miras a refinar el procedimiento de cambio de formato, se desarrollaron tres modelos de simulación, cada uno correspondiente a una línea de envasado.

Con el objeto de construir dichos modelos se incorporó la data histórica obtenida en el estudio de tiempos realizado, además de un conocimiento detallado de todo el proceso con el fin de poder representar el mismo de manera adecuada.

El modelo consiste en un sistema donde los equipos que intervienen en el proceso pueden ser operados por operadores multifuncionales y técnicos de mantenimiento de forma simultánea en cada equipo y, de la misma manera, las tareas requeridas por cada equipo y que son independientes entre sí.

Además, el modelo se desarrolló de tal forma que los operadores ejecuten las actividades, según una matriz de prioridades, asignándole el valor uno (1) al equipo de mayor prioridad, hasta llegar al equipo de menor prioridad; estas matrices se establecieron utilizando como referencia el tiempo estándar que requiere ejecutar el procedimiento en cada equipo, en cada línea; y podrán ser visualizadas en el Anexo 47.

El objetivo de simular el proceso de cada línea de envasado es recomendar la cantidad de operadores multifuncionales necesarios (variable de control) para obtener el menor tiempo promedio en el sistema (variable de respuesta).

La entidad que ingresa al sistema es el “cambio de formato”, la cual puede ingresar de forma simultánea a cada uno de los equipos que intervienen en el proceso; y sale de sistema una vez haya finalizado el proceso en todos los equipos, culminando así con la simulación y, por ende, con el proceso de cambio de formato.

Los modelos realizados se verificaron y validaron tras realizar la simulación, evento a evento. Cada modelo de simulación contó con un total de veinticinco (25) replicaciones en cada caso, con el fin de obtener un valor más acertado en el estudio y poder recrear las condiciones laborales de la forma más real posible.

A continuación, se presenta, los resultados desde el punto de vista de las oportunidades de mejora. En los Anexos 48, 49 y 50 se muestra la estructura de cada modelo de simulación.

#### IX.3.4.1. Línea de envasado 1

En la Figura 17 se observa una imagen referencial del modelo de simulación desarrollado para la línea 1.

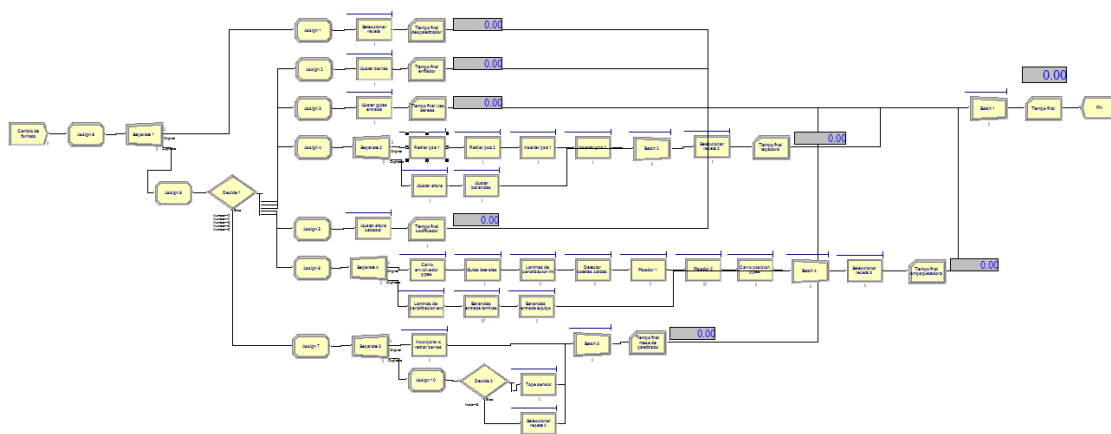


Figura 17. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 1

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la simulación del proceso, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 42. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 1

| Tiempo promedio en el sistema | Nº de recursos requeridos     | % Utilización del recurso |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 23,47 ± 0,98 minutos          | 5 operadores multifuncionales | 66,18 ± 1,00 %            |
|                               | 1 técnico de mantenimiento    | 27,76 ± 2,00 %            |

Fuente: Elaboración propia

#### IX.3.4.2. Línea de envasado 2

En la Figura 18 se observa una imagen referencial del modelo de simulación desarrollado para la línea 2.

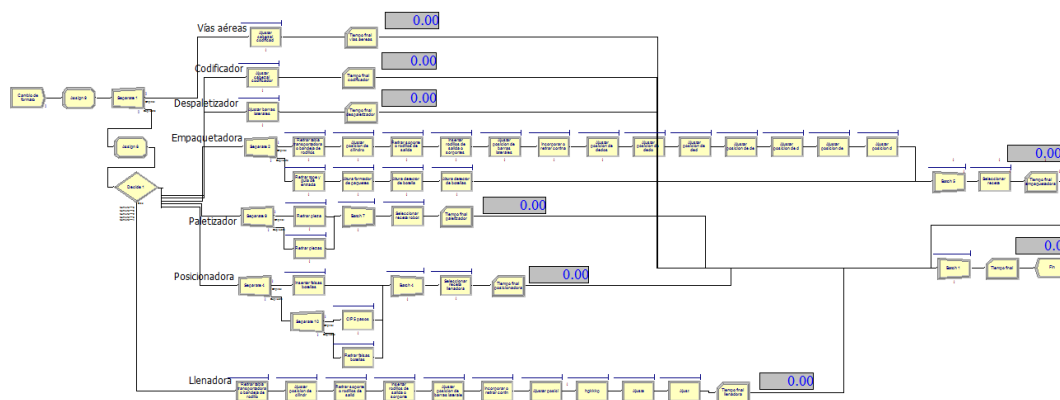


Figura 18. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 2

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la simulación del proceso, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 43. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 2

| Tiempo promedio en el sistema | Nº de recursos requeridos     | % Utilización del recurso |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 39,1376 ± 0,66 minutos        | 5 operadores multifuncionales | 69,07 ± 1,00 %            |
|                               | 1 técnico de mantenimiento    | 10,03 ± 0,00 %            |

Fuente: Elaboración propia

#### IX.3.4.3. Línea de envasado 4

En la Figura 19 se observa una imagen referencia del modelo de simulación desarrollado para la línea 4.

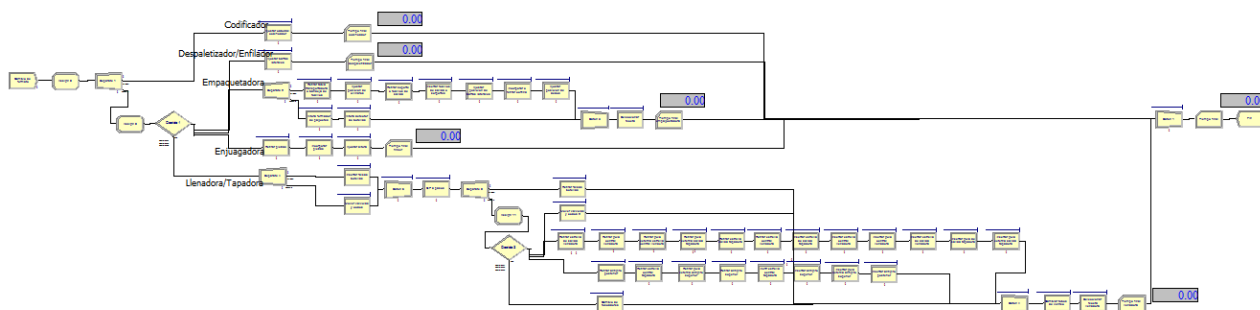


Figura 19. Modelo de simulación ARENA. Cambio de formato de la línea de envasado 4

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la simulación del proceso, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 44. Resultados de la simulación del cambio de formato en la línea de envasado 4

| Tiempo promedio en el sistema | Nº de recursos requeridos     | % Utilización del recurso |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 146,50 ± 2,45 minutos         | 4 operadores multifuncionales | 36,46 ± 1,00 %            |
|                               | 1 técnico de mantenimiento    | 32,36 ± 1,00 %            |

Fuente: Elaboración propia

### IX.3.5. ETAPA V: Elaborar manuales de procedimiento

Considerando las propuestas realizadas en los apartados anteriores en cuanto al orden de ejecución de las actividades, el personal requerido y el tiempo de ejecución del procedimiento; se desarrollaron tres manuales de procedimiento del cambio de formato para cada línea de envasado (líneas 1, 2 y 4).

La realización de dichos manuales tiene la finalidad de describir el procedimiento para efectuar las modificaciones, ajustes y limpiezas requeridas en los equipos para ejecutar el cambio de formato en las líneas de envasado. Estos abarcan todas aquellas actividades requeridas para ejecutar el procedimiento.

Cada manual cuenta con la siguiente estructura: Propósito, Definición y Simbología, Personal Involucrado, Requisitos Necesarios, Premisas, Instructivo de Operación de cada equipo; y Documentos Relacionados

En los Anexos 51, 52, 53 y 54 se encuentran las propuestas de Manuales de Procedimiento para el Cambio de Formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4; que incluyen

los aspectos mencionados anteriormente, y que deberán ser evaluados, aprobados e implementados por la Gerencia de Producción de la empresa.

Con ellos, la empresa obtiene la estandarización y documentación del procedimiento de cambio de formato para cada línea de envasado.

#### **IX.4. Realizar jornadas de capacitación y adiestramiento sobre el cambio de formato de las líneas de envasado 1, 2 y 4.**

Una vez que los Manuales de Procedimiento propuestos sean sometidos a revisión y aprobación por parte del Departamento de Calidad, se recomienda efectuar charlas de capacitación y adiestramiento sobre los procedimientos de trabajo que se van a implementar, a los Operadores Multifuncionales que laboran en el área de envasado, Supervisores de Producción, Técnicos de Producción y Técnicos de Mantenimiento.

Ya que en la Planta se labora de acuerdo a tres turnos de trabajo, se propone realizar nueve jornadas de capacitación y adiestramiento de manera de dictar una charla sobre el procedimiento de cambio de formato de cada línea de envasado en los tres turnos de trabajo contemplados.

Es importante resaltar que estas charlas se realizarán durante el horario de trabajo de cada uno de los involucrados.

La persona encargada de dictar dichas las charlas será el Especialista de Producción. Él se encargará de la divulgación de cada uno de los procedimientos y normativas establecidas en el manual de procedimientos propuesto, así como del material de apoyo durante las charlas y por medio de las carteleras ubicadas en la oficina de Producción.

Además de la divulgación de los folletos, será entregada una copia del Manual de Procedimientos de Trabajo Seguro a cada uno de los Supervisores y Técnicos de Producción. El Departamento de Producción deberá tener también una copia de estos manuales.

Luego de este proceso será necesario realizar una evaluación a cada uno de los participantes de las charlas con el fin de validar la calidad de las mismas y la comprensión por parte de los participantes de los nuevos procedimientos expuestos.

## CAPÍTULO X

### EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

A continuación, se procede a evaluar el conjunto de propuestas desarrolladas anteriormente con el fin de determinar el beneficio para la empresa de su implantación.

Ya que las propuestas desarrolladas son de bajo costo y no requieren ningún tipo de inversión, se evaluará el beneficio generado de acuerdo al número de cajas que se estima que se podrán producir, utilizando como referencia el tiempo objetivo estimado por medio de la simulación de los procesos para cada una de las líneas de envasado. Estos valores se muestran en la Tabla 45, diferenciados por presentación de envasado

Tabla 45. *Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas anualmente por concepto del cambio de formato, según la presentación de envasado*

| Presentación                             | Situación actual | Situación propuesta | Diferencia    |
|------------------------------------------|------------------|---------------------|---------------|
| Botella 355 ml tapa rosca Agua Mineral   | 16.835           | 2.679               | 14.156        |
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   | 35.271           | 10.315              | 24.956        |
| Botella 1500 ml tapa rosca Agua Mineral  | 17.364           | 6.381               | 10.983        |
| Botella 330 ml Sparkling Agua Gasificada | 3.442            | 2.278               | 1.164         |
| <b>Total</b>                             | <b>72.912</b>    | <b>21.653</b>       | <b>51.259</b> |

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de las propuestas desarrolladas se traduce en una reducción aproximada del 70,3 % del número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato.

A continuación, se presenta el beneficio económico que se estima percibir, diferenciado por cada línea de envasado.

#### X.1. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 1

La Tabla 46 muestra en qué medida se reduce el tiempo de ejecución del proceso de cambio de formato en la línea de envasado 1.

Tabla 46. *Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de envasado 1*

| <b>Situación actual</b> | <b>Situación propuesta</b> | <b>Diferencia</b> |
|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| 147,7 minutos           | 24,9 minutos               | 122,8 minutos     |

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de las propuestas desarrolladas se traduce en una reducción aproximada del 84,1% del tiempo de ejecución del proceso. En la Tabla 47 se muestra una estimación del aumento en la producción debido a la reducción del tiempo de cambio de formato en la línea 1.

Tabla 47. *Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas por concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 1*

| <b>Presentación</b>                    | <b>Situación actual</b> | <b>Situación propuesta</b> | <b>Diferencia</b>   |
|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|
| Botella 355 ml tapa rosca Agua Mineral | 16.835 cajas            | 2.679 cajas                | 14.156 caja         |
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral | 16.835 cajas            | 2.679 cajas                | 14.146 cajas        |
| <b>Total</b>                           | <b>33.670 cajas</b>     | <b>5.358 cajas</b>         | <b>28.312 cajas</b> |

Fuente: Elaboración propia

## X.2. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 2

En la Tabla 48 se presenta en qué medida se reduce el tiempo de ejecución del proceso de cambio de formato en la línea de envasado 2.

Tabla 48. *Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de envasado 2*

| <b>Situación actual</b> | <b>Situación propuesta</b> | <b>Diferencia</b> |
|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| 106,4 minutos           | 39,1 minutos               | 67,3 minutos      |

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de las propuestas desarrolladas se traduce en una reducción aproximada del 63,3% del tiempo de ejecución del proceso. En la Tabla 49 se muestra una estimación del aumento en la producción debido a la reducción del tiempo de cambio de formato en la línea 2.

Tabla 49. *Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas anualmente por concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 2*

| Presentación                            | Situación actual    | Situación propuesta | Diferencia          |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral  | 15.510 cajas        | 5.700 cajas         | 9.810 cajas         |
| Botella 1500 ml tapa rosca Agua Mineral | 17.364 cajas        | 6.381 cajas         | 10.983 cajas        |
| <b>Total</b>                            | <b>32.874 cajas</b> | <b>12.081 cajas</b> | <b>20.793 cajas</b> |

Fuente: Elaboración propia

## X.2. Evaluación del beneficio económico para la línea de envasado 4

La Tabla 50 muestra en qué medida se reduce el tiempo de ejecución del proceso de cambio de formato en la línea de envasado 4.

Tabla 50. *Reducción del tiempo de ejecución del cambio de formato en la línea de envasado 4*

| Situación actual | Situación propuesta | Diferencia   |
|------------------|---------------------|--------------|
| 221,4 minutos    | 146,5 minutos       | 74,9 minutos |

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de las propuestas desarrolladas se traduce en una reducción aproximada del 33,8% del tiempo de ejecución del proceso. En la Tabla 51 se muestra una estimación del aumento en la producción debido a la reducción del tiempo de cambio de formato en la línea 4.

Tabla 51. *Estimación anual de la reducción del número de cajas de agua no producidas anualmente por concepto del cambio de formato, en la línea de envasado 4*

| Presentación                             | Situación actual   | Situación propuesta | Diferencia         |
|------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Botella 600 ml tapa rosca Agua Mineral   | 3.442 cajas        | 2.278 cajas         | 1.164 cajas        |
| Botella 330 ml Sparkling Agua Gasificada | 2.926 cajas        | 1.936 cajas         | 990 cajas          |
| <b>Total</b>                             | <b>6.368 cajas</b> | <b>4.214 cajas</b>  | <b>2.154 cajas</b> |

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. Los procesos de cambio de formato son diferentes en cada línea de envasado, porque dependen de las características de cada equipo y del tipo de producto que se envasa en cada línea.
2. Los procesos de cambio de formato para cada línea de envasado requieren la participación del siguiente personal:
  - a. Supervisor de producción.
  - b. Operador multifuncional.
  - c. Técnico de mantenimiento.
  - d. Analista de calidad.
3. El cambio de formato en cada línea tiene el siguiente número de pasos o actividades:
  - a. Línea 1: 33 actividades.
  - b. Línea 2: 220 actividades.
  - c. Línea 4: 154 actividades.
4. El cambio de formato en cada línea tiene una duración diferente, según sigue:
  - a. Línea 1:  $147,7 \pm 69,6$  minutos.
  - b. Línea 2:  $106,4 \pm 48,0$  minutos.
  - c. Línea 4:  $221,4 \pm 68,1$  minutos.

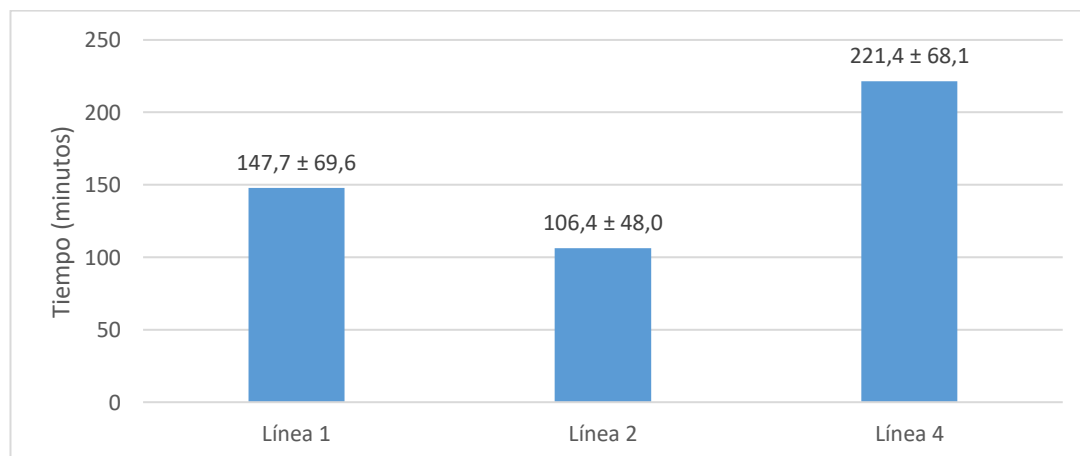


Figura 20. Tiempo promedio de ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado

Fuente: Elaboración propia

5. Debido a la ejecución del cambio de formato, anualmente se deja de producir la siguiente cantidad de cajas de producto:

- a. Línea 1: 33.672 cajas.
- b. Línea 2: 32.874 cajas.
- c. Línea 4: 6.372 cajas

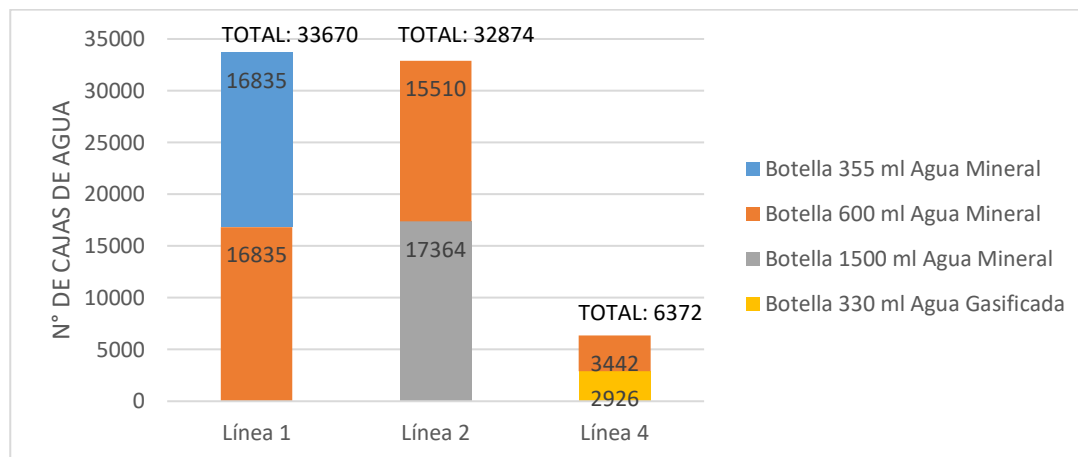


Figura 21. Número de cajas de producto no producidas anualmente por la ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado

Fuente: Elaboración propia

6. El turno de producción en el que se ejecuta el cambio de formato no es un factor que influye en el tiempo de ejecución del proceso.
7. Las causas raíces de los problemas evidenciados en el proceso de cambio de formato de las líneas de envasado son las siguientes:
  - a. Falta de estandarización y/o documentación del procedimiento
  - b. Falta de estandarización de las dimensiones de los ajustes requeridos en los equipos
  - c. Falta de estandarización de las piezas
  - d. Deficiencias en la planificación y/o comunicación del procedimiento
  - e. Desconocimiento del desempeño histórico de los cambios de formato
  - f. Las herramientas disponibles para ejecutar el procedimiento son insuficientes
  - g. Área de trabajo inadecuada para la ejecución del procedimiento

8. Las propuestas de mejora que permitirán disminuir el tiempo de parada asociado a los procesos de cambio de formato de las líneas de envasado son:
  - a. Identificar las piezas o formatos a ser manejados de acuerdo a la presentación a la cual corresponden y su ubicación en el equipo.
  - b. Estandarizar las dimensiones requeridas para cada presentación a producir, en los equipos de cada línea de envasado.
  - c. Elaborar manuales de procedimiento para el procedimiento de cambio de formato de cada línea de envasado.
  - d. Realizar jornadas de capacitación y adiestramiento sobre el cambio de formato de cada línea de envasado.
9. Se establecieron estrategias para la implementación de cada una de las propuestas de mejora realizadas, en la planta.
10. Tras la implementación de las mejoras propuestas, se estima disminuir el tiempo de parada asociado a los procesos de cambio de formato en la siguiente medida:
  - a. Línea 1: 122,8 minutos.
  - b. Línea 2: 67,3 minutos.
  - c. Línea 4: 74,9 minutos.

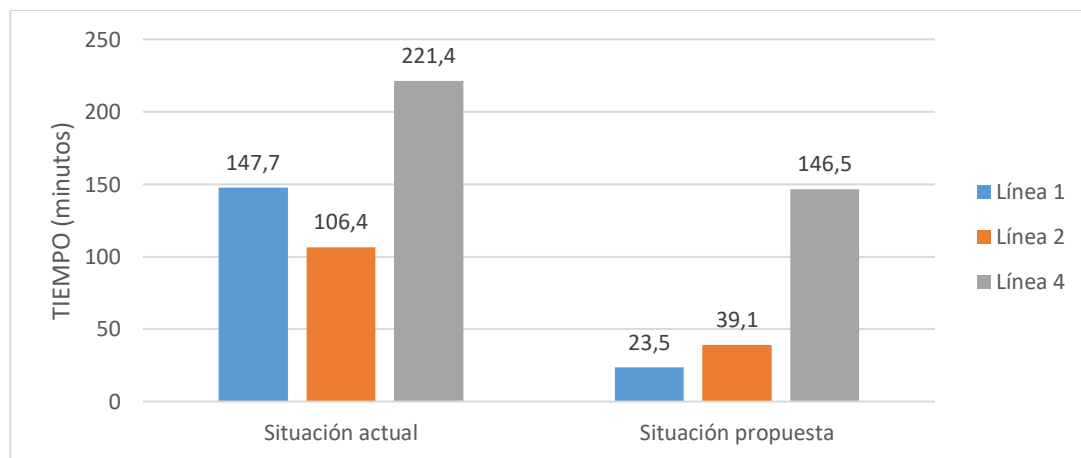


Figura 22. Disminución del tiempo de ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado tras implementar las mejoras propuestas

Fuente: Elaboración propia

11. El beneficio económico que se estima obtener por la implementación de las mejoras propuestas para los procesos de cambio de formato es el siguiente:

- Línea 1: 28.312 cajas de producto, anualmente.
- Línea 2: 20.793 cajas de producto, anualmente.
- Línea 4: 1.654 cajas de producto, anualmente.

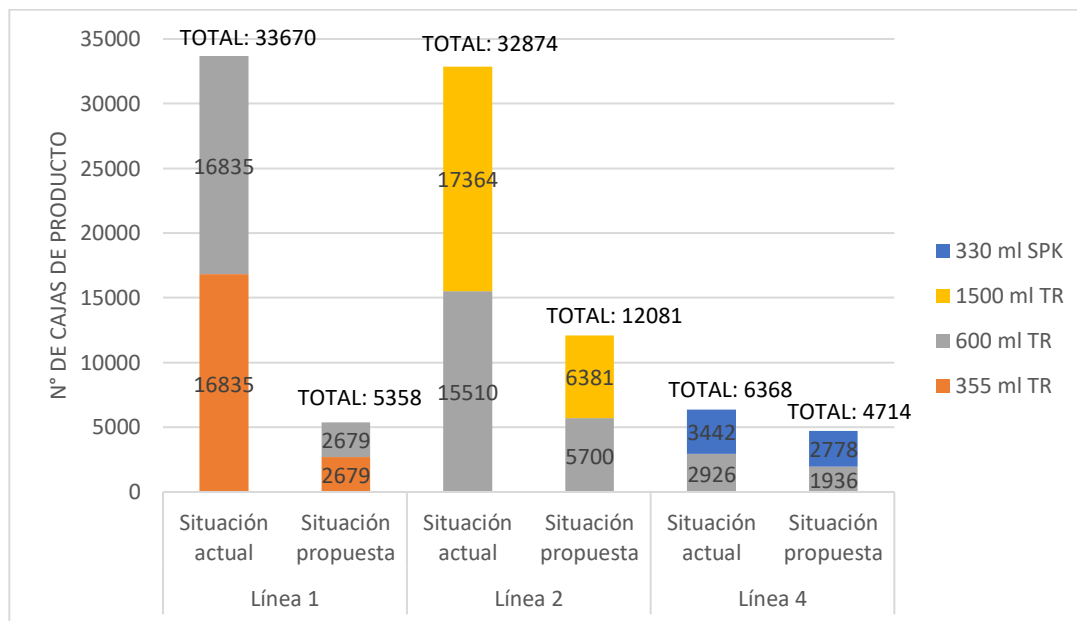


Figura 23. Disminución del número de cajas de producto no producidas anualmente por la ejecución del cambio de formato en las líneas de envasado tras implementar las mejoras propuestas

Fuente: Elaboración propia

## RECOMENDACIONES

A fin de alcanzar y ampliar los beneficios y mejoras estimadas a través de las propuestas desarrolladas, se dan las siguientes recomendaciones a la empresa:

- Implementar actividades de seguimiento con el fin de validar que los procesos de cambio de formato en cada línea de envasado se ejecutan en el tiempo estándar determinado y de acuerdo a la metodología establecida en el presente estudio.
- Verificar el cumplimiento de todas las actividades requeridas por el cambio de formato cada vez que se realice el procedimiento
- Al modificarse alguna de las circunstancias bajo las cuales se realizan los procesos de cambio de formato, será necesario realizar nuevamente el estudio con el fin de actualizar el tiempo estándar correspondiente a la ejecución del procedimiento, actualizar los manuales de procedimiento que así lo requieran y realizar jornadas de capacitación para todos los involucrados.
- Implementar un sistema de evaluación periódica del desempeño de los operadores al ejecutar los procedimientos de cambio de formato y, en caso de ser necesario, realizar jornadas de capacitación y actualización sobre el procedimiento.
- Crear un sistema de comunicación interdepartamental que permita comunicar de forma efectiva la planificación y ejecución del procedimiento, así como las fallas y observaciones a todo el personal involucrado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aiteco Consultores, S. L. (2016). Qué es un diagrama de flujo – Gestión de procesos. Recuperado el día 25/06/2016 de: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/>
- Aurum Process Technology, S. L. (2010). Limpieza CIP. Recuperado el día 15/05/2016 de: <http://www.aurumprocess.com/es/productos-y-soluciones/proceso-de-limpieza-cip/proceso-de-limpieza-cip>
- Espin, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo de preparación. Recuperado el día 03/04/2016 de: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- Hurtado, J. (2006). Metodología de la Investigación Holística (3ra edición). Caracas, Venezuela: Editorial Fundación SYPAL.
- Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo (4ta edición). Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.
- López, C. (2001). El estudio de tiempos y movimientos. Recuperado el día 01/04/2016 de <http://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>
- Meyers, F.; Stephens, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (3° Edición). Editorial Prentice Hall
- Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° edición). Ciudad de México, México: McGraw – Hill / Interamericana Editores, S. A.
- Sabino, C. (1992). El proceso de investigación. Caracas, Venezuela: Editorial Panapo de Venezuela.
- Tamayo y Tamayo. (2003). El Proceso de la Investigación Científica (4ta edición). Ciudad de México, México: Limusa Noriega Editores.
- Villatorio, I. (2011). Jerarquización de problemas. Recuperado el día 20/06/2016 de: <https://es.scribd.com/doc/58311165/jerarquizacion-de-problemas>

- Wadsworth, F. (2015). Serie de herramientas: Diagrama Why – Why. Buscando el porqué de las cosas. Recuperado el día 26/06/2016 de: <http://es.slideshare.net/FedericoSalvadorWads/he03-diagrama-why-why>
- Walpole, R., Myers, R., Myers S. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros (6ta edición). Naucalpan de Juárez, México: Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A.