



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## **TESIS**

**Alternativa de solución para disminuir la merma en el proceso de producción  
de envases de aluminio para bebidas**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A**

**Denisse Viridiana Chávez Gutiérrez**

**Director**

Dr. Jaime Garnica González

**Codirector**

Dr. Gustavo Erick Anya Fuentes

**Comité tutorial**

Dr. Heriberto Niccolas Morales

Dr. Gustavo Erick Anya Fuentes

Dr. Jaime Garnica González

Dra. Cristina Arely de León Condes

**Cd. del Conocimiento, Mineral de la Reforma, Hidalgo, Mex. a 02 de diciembre de 2025**



Mineral de la Reforma, Hgo., a 11 de marzo de 2026

Número de control: ICBI-D/372/2026  
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Ingeniería Industrial **Denisse Viridiana Chávez Gutiérrez**, quien presenta el trabajo de titulación "**Alternativa de solución para disminuir la merma en el proceso de producción de envases de aluminio para bebidas**", ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

**Presidente:** Dr. Heriberto Niccolas Morales

**Secretario:** Dr. Gustavo Erick Anaya Fuentes

**Vocal:** Dr. Jaime Garnica González

**Suplente:** Dra. Cristina Arely De León Condes

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Gabriel Vergara Rodríguez  
Director del ICBI



GVR/MMM

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo  
Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,  
México. C.P 42184  
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40001  
direccion\_icbi@uaeh.edu.mx, vergarar@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



## **DEDICATORIA**

Este trabajo es el reflejo del amor y la gratitud que tengo por mi familia y Dios, que me han dado la fortaleza y compañía en esta etapa de mi vida, orientándome y apoyándome con su amor incondicional y sabiduría. Para las personas que me motivaron y apoyaron a lo largo de mi educación superior, gracias.

A Dios que nunca me abandona y continuamente me demuestra su grandeza y milagros, por ello, Jesús, en ti confié.

A mi familia en especial a mi mamá Verónica, por todos sus sacrificios, amor y oraciones, sin ella esta meta no habría sido posible para mí, y a mis hermanas, Mariana y Verito, por ser siempre mi más sincera compañía y mi más grande apoyo en la vida, las amo.

Mamá Silvia y mis tíos, agradezco los consejos, el amor y todo el apoyo que nos brindaron a mí mamá, hermanas y a mí en los momentos difíciles, los amo.

Alejandro, gracias por tu compañía en todo momento y hacerme tan feliz, apoyarme en esta etapa de mi vida, motivarme en cada momento para ser mejor persona y dar lo mejor de mí, mi vida te quiero mucho.

Finalmente, a todos mis amigos y próximos colegas, que me acompañaron en este maravilloso camino y me enseñaron de la vida, mientras compartían conmigo sus alegrías y tristezas, les agradezco por las risas y experiencias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente al Dr. Jaime Garnica González, director de esta tesis, por su invaluable guía y paciencia durante todo este proceso. A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por los conocimientos, aprendizaje y ser el espacio para concluir mi carrera profesional. A los ingenieros de la empresa por facilitar el acceso a los datos de producción. Y, por supuesto, a mis profesores que me enseñaron, guiaron y apoyaron para convertirme en profesional.

# ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| DEDICATORIA .....                                      | 3  |
| AGRADECIMIENTOS.....                                   | 4  |
| ÍNDICE GENERAL.....                                    | 5  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                | 7  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                 | 9  |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS .....                             | 10 |
| RESUMEN .....  | 15 |
| ABSTRACT .....   | 16 |
| INTRODUCCIÓN .....                                     | 17 |
| CAPÍTULO 1.....  | 19 |
| ANTECEDENTES, PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN .....           | 19 |
| 1.1 Antecedentes .....                                 | 19 |
| 1.2 Planteamiento del problema .....                   | 20 |
| 1.3 Propósito de la investigación .....                | 26 |
| 1.4 Objetivo general.....                              | 27 |
| 1.5 Objetivos específicos.....                         | 27 |
| 1.6 Justificación de la investigación. ....            | 28 |
| 1.7 Alcance.....                                       | 30 |
| 1.8 Delimitación. ....                                 | 31 |
| 1.9 Organización del estudio.....                      | 32 |
| CAPÍTULO 2.....  | 34 |
| MARCO TEÓRICO.....                                     | 34 |
| 2.1 Herramientas de mejora .....                       | 34 |
| <b>2.1.1 Seis Sigma</b> .....                          | 34 |
| 2.2 Aluminio .....                                     | 38 |
| <b>2.2.1 Proceso de fabricación del aluminio</b> ..... | 38 |
| <b>2.2.2 Propiedades</b> .....                         | 38 |
| 2.3 Envase .....                                       | 39 |
| <b>2.3.1 Tipos de envases</b> .....                    | 39 |
| <b>2.3.2 Envases de aluminio</b> .....                 | 39 |
| 2.4 Procesos de fabricación .....                      | 40 |
| <b>2.4.1 Punto de trazabilidad</b> .....               | 40 |
| <b>2.4.2 Partes de una lata</b> .....                  | 40 |
| 2.4.3 Proceso de fabricación de latas.....             | 41 |
| <b>2.4.3.1 Recepción de materia prima</b> .....        | 41 |
| <b>2.4.3.2 Formado de copas</b> .....                  | 41 |
| <b>2.4.3.3 Formado del cuerpo (Front End)</b> .....    | 42 |
| <b>2.4.3.4 Lavadoras</b> .....                         | 44 |
| <b>2.4.3.5 Barniz UV</b> .....                         | 45 |
| <b>2.4.3.6 Impresoras.</b> .....                       | 46 |
| <b>2.4.3.7 Espreadoras</b> .....                       | 49 |
| <b>2.4.3.8 Necker (Back End)</b> .....                 | 49 |
| <b>2.4.3.9 Palletizado</b> .....                       | 52 |
| <b>2.4.3.10 Verificado</b> .....                       | 53 |
| 2.4.4 Áreas auxiliares y de servicio .....             | 53 |
| <b>2.4.4.1 Área de gas LP</b> .....                    | 54 |
| <b>2.4.4.2 Área de compresores</b> .....               | 54 |
| <b>2.4.4.3 Sistemas de refrigeración</b> .....         | 54 |
| <b>2.4.4.4 Talleres de apoyo al proceso</b> .....      | 55 |
| <b>2.4.4.5 Servicios de energía</b> .....              | 55 |
| <b>2.4.4.5.1 Energía eléctrica</b> .....               | 55 |
| <b>2.4.4.5.2 Gas LP</b> .....                          | 55 |

|   |            |
|---|------------|
| 2.4.4.5.3 Agua.....   | 56         |
| 2.4.4.6 Área de compactado .....  | 56         |
| 2.5 Defectos .....  | 57         |
| 2.5.1 Merma .....   | 57         |
| 2.5.2 Principales defectos en las latas .....                             | 57         |
| 2.5.2.1 Área Front End .....  | 58         |
| 2.5.2.2 Área Lavadoras.....   | 61         |
| 2.5.2.3 Área Impresoras.....  | 63         |
| 2.5.2.4 Área Esreadoras .....   | 69         |
| 2.5.2.4 Área Back End / Necker .....                                      | 72         |
| 2.5.2.5 Área Palletizado .....  | 75         |
| 2.5.2.6 Área Transportes.....   | 76         |
| 2.6 Áreas de riesgo.....  | 78         |
| 2.6.1 Operaciones Unitarias Críticas.....                                 | 81         |
| <b>CAPÍTULO 3.....</b>  | <b>82</b>  |
| <b>METODOLOGÍA (OPCIÓN C: INVESTIGACIÓN DE INTERVENCIÓN) .....</b>        | <b>82</b>  |
| 3.1 Descripción del objeto de estudio.....                                | 82         |
| 3.1.2 Selección del grupo .....   | 83         |
| 3.1.3 Selección y elaboración de instrumentos .....                       | 84         |
| 3.1.4 Aplicación de instrumentos .....                                    | 87         |
| 3.1.5 Recopilación de datos .....   | 90         |
| 3.1.6 Análisis de datos .....   | 91         |
| 3.2 Diseño teórico de la propuesta .....                                  | 93         |
| 3.3 Aplicación de la propuesta .....                                      | 95         |
| 3.4 Resultados.....   | 96         |
| 3.4.1 Recolección de datos .....  | 96         |
| <b>CAPÍTULO 4.....</b>  | <b>98</b>  |
| <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>98</b>  |
| 4.1 Resultados.....   | 98         |
| 4.1.1 Producción.....   | 100        |
| 4.1.2 Áreas con mayor merma.....  | 105        |
| 4.1.3 Costo por desecho del PNC.....                                      | 109        |
| 4.1.4 Materia prima .....   | 110        |
| 4.1.5 Mano de obra.....   | 112        |
| 4.1.6 Costos de Maquinaria y Servicios.....                               | 113        |
| 4.1.7 Costos por desecho, reciclaje y nueva disponibilidad .....          | 115        |
| 4.2 Análisis de datos.....  | 116        |
| 4.2.1 Diseño teórico de la propuesta .....                                | 117        |
| 4.2.2 Aplicación de la propuesta.....                                     | 120        |
| 4.2.3 Resultados .....  | 125        |
| 4.2.3.1 Recolección de datos .....  | 125        |
| 4.3 Discusión .....   | 129        |
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>  | <b>134</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>134</b> |
| 5.1 Conclusiones relativas a los objetivos específicos y al general. .... | 134        |
| 5.2 Aportaciones originales.....  | 138        |
| 5.3 Límites del modelo planteado.....                                     | 139        |
| 5.4 Recomendaciones para futuros estudios.....                            | 140        |
| <b>REFERENCIAS.....</b>   | <b>141</b> |
| <b>ANEXO A.....</b>   | <b>145</b> |
| <i>Catálogo de golpes del proceso.....</i>                                | <i>145</i> |
| <b>ANEXO B.....</b>   | <b>167</b> |
| <i>Catálogo de patrones de exposición.....</i>                            | <i>167</i> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 REPRESENTACIÓN DE LAS CAUSAS-EFECTOS DE LAS MERMAS DE UN PROCESO POR MEDIO DE UN ISHIKAWA. .... | 21 |
| FIGURA 2 CLASIFICACIÓN ALUMINIO .....  | 39 |
| FIGURA 3 PRIMERA LATA FABRICADA .....  | 40 |
| FIGURA 4 CONSTITUCIÓN DE LA LATA. ....   | 41 |
| FIGURA 5 BOBINA DE ACERO LAMINADO. ....  | 41 |
| FIGURA 6 MAQUINARIA PARA FABRICAR LATAS CUPPER. ....   | 42 |
| FIGURA 7 PROCESO DE FORMADO. ....  | 43 |
| FIGURA 8 CORTE CON DEFECTO.....  | 43 |
| FIGURA 9. TORRENT CAN WASHER.....  | 45 |
| FIGURA 10 PRUEBAS AL BARNIZ UV .....   | 45 |
| FIGURA 11 PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA .....  | 46 |
| FIGURA 12 IMPRESORA .....  | 47 |
| FIGURA 13 DATE CODES .....   | 48 |
| FIGURA 14 FUNCIONES DEL ORIÓN.....   | 48 |
| FIGURA 15 NECKER. ....   | 50 |
| FIGURA 16 DEFECTO IDENTIFICADO .....   | 51 |
| FIGURA 17 BOTE BRILLANTE IDENTIFICADO. ....  | 51 |
| FIGURA 18 OFICIOS INDUSTRIALES.....  | 52 |
| FIGURA 19 PALLETS ACEPTADOS. ....  | 53 |
| FIGURA 20 GOLPE DE TRIMMER.....  | 58 |
| FIGURA 21 GOLPE NARIZ DE DOMO. ....  | 58 |
| FIGURA 22 GOLPE GUÍAS DE DESCARGA TRIMMER. ....  | 59 |
| FIGURA 23 GOLPE EN EL DOMO. ....   | 59 |
| FIGURA 24 FRACTURA DE DOMO.....  | 60 |
| FIGURA 25 GOLPE EN PARED ALTA.....   | 60 |
| FIGURA 26 ARRUGA DE CUELLO. ....   | 61 |
| FIGURA 27 GOLPE DE LA HOLD DOWN O TRANSFER. ....   | 61 |
| FIGURA 28 LAVADORAS SECUENCIA .....  | 62 |
| FIGURA 29 ANILLO DE SAL .....  | 62 |
| FIGURA 30 SOLVENT WASH .....   | 63 |
| FIGURA 31 GOLPE DE CEPILLOS.....   | 63 |
| FIGURA 32 GOLPE DE TRANSFERENCIA .....   | 64 |
| FIGURA 33 MANDRILES.....   | 64 |
| FIGURA 34 CADENA DE PERNOS. ....   | 65 |
| FIGURA 35 MALA APLICACIÓN DE BARNIZ UV. ....   | 65 |
| FIGURA 36 CONTAMINACIÓN. ....  | 66 |
| FIGURA 37 VARIACIÓN DE TONOS. ....   | 66 |
| FIGURA 38 CONTAMINACIÓN DE BARNIZ EXTERIOR .....   | 67 |
| FIGURA 39 GOLPE DE PERNO EN LA BOCA. ....  | 67 |
| FIGURA 40 GOLPE DE PERNO EN EL DOMO. ....  | 68 |
| FIGURA 41 TALLÓN EN EL BOTE.....   | 68 |
| FIGURA 42 GOLPE DE PERNO.....  | 69 |
| FIGURA 43 GOLPE DE ESPREADORAS. ....   | 69 |
| FIGURA 44 GOLPE POR MAL DESLIZAMIENTO EN GUÍAS.....  | 70 |
| FIGURA 45 CONTAMINACIÓN DE BARNIZ INTERIOR. ....   | 70 |
| FIGURA 46 BURBUJAS DE BARNIZ INTERIOR. ....  | 71 |
| FIGURA 47 MAL ESPREADO.....  | 71 |
| FIGURA 48 GOLPE POR ALCANCE.....   | 72 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 49 GOLPE DE ATORÓN. ....   | 72  |
| FIGURA 50 GOLPE DE WAXER. ....  | 73  |
| FIGURA 51 GOLPE EN LA PARED ALTA. ....  | 73  |
| FIGURA 52 GOLPE DE MUELAS. ....   | 74  |
| FIGURA 53 CERA NEGRA INTERNA. ....  | 74  |
| FIGURA 54 GOLPE DE DEDO PALLETIZADOR. ....  | 75  |
| FIGURA 55 TALLÓN DE DEDOS PALLETIZADORES. ....  | 75  |
| FIGURA 56 BOTE CON TALLÓN DE GUÍA. ....   | 76  |
| FIGURA 57 GOLPE DE REVOLVEDORA. ....  | 76  |
| FIGURA 58 CASCADA. ....   | 77  |
| FIGURA 59 DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES UNITARIAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LATAS DE ALUMINIO. ....                              | 80  |
| FIGURA 60 DIAGRAMA DE FLUJO DE CLASIFICACIÓN DE PNC. ....   | 85  |
| FIGURA 61 (FC-PNC / PRIMERA EDICIÓN) FECHA DE ELABORACIÓN 01/08/2025. DEPARTAMENTO DE CALIDAD. ....                                       | 86  |
| FIGURA 62 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE INSPECCIÓN DE PALLETS. ....  | 89  |
| FIGURA 63 DIAGRAMA DE PROCESO DEL DISEÑO TEÓRICO DE LA PROPUESTA. ....  | 94  |
| FIGURA 64 PRODUCCIÓN VS PNC POR LÍNEA. ....   | 101 |
| FIGURA 65 PNC POR GRUPO VERSUS PORCENTAJE DE MERMA. ....  | 102 |
| FIGURA 66 PRODUCCIÓN VS PNC MENSUAL. ....   | 104 |
| FIGURA 67 PRODUCCIÓN VS MERMA. ....   | 105 |
| FIGURA 68 PARETO DE ÁREAS CON MAYOR PNC. ....   | 106 |
| FIGURA 69 GRÁFICO DE PASTEL DE ÁREAS CON MAYOR PNC. ....  | 107 |
| FIGURA 70 GRÁFICO DE BARRAS DE LOS PRINCIPALES DEFECTOS. ....   | 109 |
| FIGURA 71 REPRESENTACIÓN DE LAS CAUSAS-EFECTOS DE LAS MERMAS DE UN PROCESO POR MEDIO DE UN DIAGRAMA ISHIKAWA. ....                        | 118 |
| FIGURA 72 UNIDADES DE PNC TOTAL MENSUAL VS UNIDADES DE PNC REINCORPORADO MENSUAL, ENFOQUE DE CONCIENTIZACIÓN Y CAPACITACIÓN. ....         | 121 |
| FIGURA 73 UNIDADES DE PNC TOTAL MENSUAL VS UNIDADES DE PNC REINCORPORADO MENSUAL, ENFOQUE DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL ESPECIALIZADO. .... | 124 |
| FIGURA 74 GRÁFICO COMPARATIVO DE UNIDADES DE PNC REINCORPORADAS EN 8 MESES. ....  | 126 |
| FIGURA 75 COMPARATIVA MONETARIA DE ENFOQUES. ....   | 127 |
| FIGURA 76 COMPARATIVA MONETARIA DE RECICLAJE TOTAL VS ENFOQUE DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL ESPECIALIZADO. ....                             | 130 |
| FIGURA 77 COMPARATIVA DE ENFOQUES EN BASE A LAS UNIDADES REINCORPORADAS EN 8 MESES. ....  | 131 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 1 TAMAÑO Y CANTIDAD DE LATAS POR PALLET .....   | 52  |
| TABLA 2 PRODUCCIÓN Y PNC .....  | 99  |
| TABLA 3 DETENIDO POR LÍNEA DE PRODUCCIÓN .....  | 100 |
| TABLA 4 PRODUCTO NO CONFORME POR GRUPO. ....  | 101 |
| TABLA 5 CONCENTRADO ACUMULADO MENSUAL .....   | 103 |
| TABLA 6 ÁREAS CON MAYOR PNC.....  | 105 |
| TABLA 7 PRINCIPALES DEFECTOS. ....  | 108 |
| TABLA 8 COSTOS UNITARIOS DE MATERIA PRIMA.....  | 111 |
| TABLA 9 COSTOS MENSUALES DE MATERIA PRIMA. ....   | 112 |
| TABLA 10 DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINARIA.....   | 114 |
| TABLA 11 COSTOS MENSUALES POR SERVICIOS. ....   | 114 |
| TABLA 12 ENFOQUE DE CONCIENTIZACIÓN Y CAPACITACIÓN. ....  | 122 |
| TABLA 13 ENFOQUE DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL ESPECIALIZADO. ....                                | 125 |
| TABLA 14 COMPARACIÓN DE ENFOQUES. ....  | 126 |
| TABLA 15 COMPARATIVA RECICLAJE TOTAL VS ENFOQUE DE CONTRATACIÓN DE PERSONAL ESPECIALIZADO. .... | 129 |

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Agua DI** Es la abreviación de agua desmineralizada, tipo de agua que ha sido sometida a un proceso para eliminar la mayoría de los minerales y sales disueltas. (Pillado, 2024)

**Alúmina** Óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) obtenido del refinado de la bauxita, que mediante electrólisis se reduce para producir aluminio metálico. (Hernández, 2021)

**Back End** Fase final del proceso de fabricación de latas donde se forma el cuello y la pestaña de la lata. Literalmente "parte de atrás" o "subestructura". (IONOS, 2024; Concepto entendido por empleados)

**Barniz** Disolución de una o más sustancias resinosas en un líquido que, al aire, se volatiliza o se deseca, y que se aplica a las pinturas, maderas y otras cosas con objeto de preservarlas de la acción de la atmósfera, el sol y otros agentes externos. (RAE, 2024)

**Barniz Interior]** Recubrimiento epoxy aplicado al interior de la lata para evitar la corrosión y el contacto del producto envasado con el metal, garantizando la inocuidad. (Concepto entendido por empleados)

**Barniz UV** Barniz aplicado en el domo de la lata que se cura con luz ultravioleta, facilitando el movimiento de las latas en los transportadores durante el envasado. (IONOS, 2024)

**Bobina de Aluminio** Pieza de aluminio larga y plana que se ha enrollado en una bobina.(GF STEEL, 2025)

**Body Maker** Máquina que forma la lata por medio de estirado del aluminio. (Concepto entendido por empleados)

**Boquillas atomizadoras** Son equipos que tienen como objetivo esparcir el barniz interior a las latas. (Concepto entendido por empleados)

**Bote brillante** Lata que sale del horno de secado de la lavadora y que se encuentra en el transporte hasta antes de entrar a las impresoras. (Concepto entendido por empleados)

**Causa Raíz** Origen fundamental de un problema o defecto, cuya eliminación previene la recurrencia del mismo. (Socconini, 2016)

**Cera Necker** Lubricante aplicado en la máquina Necker para facilitar el formado del cuello y la pestaña de la lata, evitando defectos por fricción. (Concepto entendido por empleados)

**Cinta flejadora** Es una cinta plástica que se coloca de forma vertical en los pallets y sirve para amarrar todos los niveles y brindar seguridad al producto. (Comercial Fama, 2022)

**Control Estadístico de Proceso (SPC)** Herramienta de calidad que utiliza métodos estadísticos para monitorear y controlar un proceso, asegurando que opere en su máximo potencial. (McCarty, 2004)

**Copas** Es el producto de la máquina Cupper, son recipientes tipo cenicero producto del troquelado del aluminio. (Concepto entendido por empleados)

**Cupper** Máquina troqueladora de la lámina de aluminio que forma 15 copas en cada golpe. (Concepto entendido por empleados)

**Date codes** Conjunto de números y letras que se imprimen en un envase para indicar información relacionada con su fecha de producción. (Concepto entendido por empleados)

**Defecto** Una no conformidad de una de muchas posibles características de calidad de una unidad que puede provocar insatisfacción del cliente. (Polesky, 2006)

**Detenido** Producto que debe ser re seleccionado para verificar que cumpla con los estándares de calidad y su posterior aceptación. (Concepto entendido por empleados)

**DMAIC** Metodología de mejora continua de Seis Sigma que significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. (Grima, 2014)

**Domo** Es la parte inferior curva que tienen las latas. (Concepto entendido por empleados)

**Entrepaño** Estructura horizontal para dividir el espacio en secciones, optimizando el uso del espacio disponible, fabricados plástico. (Concepto entendido por empleados)

**Envase** Aquello que envuelve o contiene artículos de comercio u otros efectos para conservarlos o transportarlos. (RAE, 2024)

**Espreadoras** Máquinas que aplican barniz al interior de las latas. (Concepto entendido por empleados)

**FC-PNC** Formato de Clasificación de Producto No Conforme (Concepto entendido por empleados)

**Flexografía** Forma de impresión rotativa en la que la tinta se aplica a diversas superficies mediante la impresión de caucho flexible. (Rivas, 2020)

**Front End** Parte del desarrollo web que se dedica a la parte frontal de un sitio web, en pocas palabras del diseño de un sitio web, desde la estructura del sitio hasta los estilos como colores, fondos, tamaños hasta llegar a las animaciones y efectos. (Bautista, 2021)

**Horno IBO** Dispositivo que genera calor controlado, utilizado para secar y procesar materiales. (Concepto entendido por empleados)

**Impresora** Máquina que, conectada a una computadora u otro dispositivo electrónico, imprime los resultados de las operaciones. (RAE, 2024)

**Ishikawa (Diagrama)** Herramienta gráfica utilizada para identificar y organizar las posibles causas de un problema o evento. (Socconini, 2016)

**Latas** Envase hecho de hojalata. (RAE, 2024)

**Light tester** Sistema que utiliza luz para la identificación de cortes u orificios en el cuerpo de la lata. (Concepto entendido por empleados)

**Luz UV** Radiación electromagnética que se encuentra naturalmente en la luz solar y también se puede generar artificialmente. Se sitúan en el espectro electromagnético entre los rayos X y la luz visible, esta sirve para curar el barniz de domo de las latas. (Clínica Universidad de Navarra, 2023)

**Mantillas** Paño o lienzo que, puesto en el tímpano de las prensas de mano, o envolviendo los cilindros de las máquinas de imprimir, servía para que no padeciera la letra y saliera bien la impresión. (RAE, 2024)

**Mandrill** Componente imprescindible utilizado en diversos sectores industriales para fijar y girar piezas durante el procesamiento. (Gaspar, 2023)

**Merma** Pérdida de recursos durante un proceso productivo, por deterioro, errores de manipulación o desperdicio, puede afectar la eficiencia y rentabilidad de un proceso. (Torres, 2023)

**Metodología 6M** Marco para el análisis de causas raíz que categoriza los orígenes en: Método, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medio ambiente y Medición. (Socconini, 2016)

**Necker** Es la máquina que forma el cuello de las latas pasando por varias estaciones de la misma. (Concepto entendido por empleados)

**Orión** Sistema especializado en el reconocimiento de imágenes y detección de variaciones en las mismas. (Concepto entendido por empleados)

**Pallet** Es el embalaje de latas que se forma de una tarima plástica, separadores, fleje, película plástica y marcos para 8 500 unidades aproximadamente. (Concepto entendido por empleados)

**Pareto (Análisis)** Técnica que permite priorizar problemas o causas basándose en el principio 80/20. (Socconini, 2016)

**PBS** Producto bueno sobrante que se almacena para su posterior venta. (Concepto entendido por empleados)

**Pin hole** Es un defecto de las latas, el cual consiste en uno o varios agujeros en las paredes de las latas. (Concepto entendido por empleados)

**PNC** Es el producto no conforme, aquel que no cumple con las especificaciones y requerimientos de calidad. (Concepto entendido por empleados)

**Punzón** Instrumento de acero durísimo, de forma cilíndrica o prismática, que en la boca tiene de realce una figura, la cual, hincada por presión o percusión, queda impresa en el troquel de monedas, medallas, botones u otras piezas semejantes. (RAE, 2024)

**Punto de trazabilidad** Posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo. (RAE, 2024)

**SAP** SAP es la sigla del nombre en alemán original de la empresa, Systemanalyse Programmentwicklung, que se traduce como "desarrollo de programas para sistemas de análisis". (SAP, 2025)

**SCRAP** Algo que no cumple con los requisitos del cliente final, incluso interviene la maquinaria que no moldea la pieza de acuerdo a los parámetros o especificaciones, además de suministros o materia prima que sufrió algún daño y ya no es apta para su uso en producción. (Chacón, Gaytán y Rico, 2020)

**Seis Sigma** Sistema integral que combina principios filosóficos, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos. (Grima, 2014)

**Selección** Producto que debe ser re seleccionado. (Concepto entendido por empleados)

**Tintas** Líquido coloreado que se emplea para escribir o dibujar, mediante un instrumento apropiado. (RAE, 2024)

**Tratamiento térmico** Los tratamientos térmicos son procesos que se aplican para mejorar las propiedades mecánicas, sobre todo, del acero y aleaciones de hierro y carbono. (Alsimet, 2022)

**Torretas** Plataformas que contienen herramientas o dispositivos, comúnmente utilizadas en maquinaria industrial para realizar operaciones diversas. (Concepto entendido por empleados)

**Vission Test** Método no invasivo que se utiliza para evaluar la condición superficial de materiales, componentes o sistemas. (Zavarce, 2024)

**Zirconio** Elemento químico metálico, de núm. atóm. 40, de color negro o gris acerado, refractario, mal conductor de la electricidad y de gran resistencia mecánica y a la corrosión, no muy abundante en la corteza terrestre, donde se encuentra casi siempre en forma de silicato, en el circón, y que se usa en lámparas de incandescencia y tubos de vacío, así como en las industrias cerámica, química, aeronáutica y nuclear. (Símb. Zr). (RAE, 2024)

## **RESUMEN**

Esta investigación aborda el problema de la elevada tasa de merma en una empresa manufacturera de latas de aluminio para bebidas, la cual supera la meta establecida del 2.5%, generando pérdidas económicas significativas. El objetivo general fue analizar el proceso productivo y proponer alternativas basadas en la metodología DMAIC de Seis Sigma para reducir la merma mediante la identificación de causas raíz y la reincorporación de producto recuperable. El estudio, de alcance explicativo y aplicación práctica, se delimitó al análisis de datos históricos de producción de enero a agosto de 2024 de una planta ubicada en Hidalgo, México. Se utilizó un método cuantitativo-descriptivo, con una muestra de 290 millones de unidades producidas mensualmente en promedio, de las cuales 2.22 millones fueron clasificadas como PNC. Los resultados identificaron a las áreas de Impresoras, Back End y Front End como las más críticas, siendo el "golpe de transferencia" el defecto más frecuente. La evaluación de alternativas demostró que la contratación de personal especializado para la reincorporación de PNC es la solución más viable, con un retorno neto de \$896,963 USD en ocho meses y una reducción del 35% en merma. Se concluye que esta estrategia optimiza costos, reduce desperdicios y fortalece la cultura de calidad, recomendándose su implementación para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del proceso.

**Palabras clave:** Merma, DMAIC, Seis Sigma, latas de aluminio, reincorporación, eficiencia.

## **ABSTRACT**

This research addresses the problem of the high scrap rate (Non-Conforming Product - PNC) in a manufacturing company of aluminum beverage cans, which exceeds the established target of 2.5%, generating significant economic losses. The general objective was to analyze the production process and propose alternatives based on the DMAIC methodology of Six Sigma to reduce scrap through root cause identification and reintegration of recoverable product. The study, with an explanatory scope and practical application, was limited to the analysis of historical production data from January to August 2024 from a plant located in Hidalgo, Mexico. A quantitative-descriptive method was used, with a sample of 290 million units produced monthly on average, of which 2.22 million were classified as PNC. The results identified the Printers, Back End, and Front End areas as the most critical, with "transfer blow" being the most frequent defect. The evaluation of alternatives showed that hiring specialized personnel for PNC reintegration is the most viable solution, with a net return of \$896,963 USD over eight months and a 35% reduction in scrap. It is concluded that this strategy optimizes costs, reduces waste, and strengthens the quality culture, recommending its implementation to improve profitability and process sustainability.

**Keywords:** Scrap, DMAIC, Six Sigma, aluminum cans, reintegration, efficiency.

## INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera de envases de aluminio en México es un pilar fundamental para sectores clave como el de bebidas y alimentos. Como señaló la Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos (Canafem), en el país se producen anualmente más de 25 mil millones de latas de aluminio, lo que representa un consumo per cápita de 160 latas por habitante (Mandujano, 2024). Este volumen colosal de producción, impulsado por la cercanía con el mercado estadounidense y el crecimiento de la demanda local, sitúa a la eficiencia operativa no solo como un objetivo deseable, sino como una imperiosa necesidad para mantener la competitividad y rentabilidad en un mercado globalizado.

En este contexto, la lucha contra la merma una pérdida silenciosa de recursos durante el proceso productivo, se convierte en la frontera crítica para la sostenibilidad económica de estas empresas. Una tasa de merma elevada no solo reduce los márgenes de ganancia, sino que también representa una falla sistémica en la gestión de la calidad y una subutilización de valiosos recursos como el aluminio, un material con notables cualidades de resistencia y reciclabilidad, pero cuya producción primaria conlleva un significativo consumo energético (Hernández, 2021). Para una empresa con una proyección de ventas de 350 millones de unidades mensuales, como la estudiada en esta investigación, tolerar una merma que supera la meta establecida del 2.5% se traduce en pérdidas millonarias, obstaculiza el cumplimiento de metas y encarece el costo unitario, debilitando su posición en el mercado.

El presente trabajo de investigación se adentra en el corazón de esta problemática, partiendo de un análisis riguroso del estado del arte y aplicando el marco metodológico estructurado de Seis Sigma y su herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), este estudio no se limita a diagnosticar las causas raíz del exceso de merma, sino que avanza hacia la formulación de una alternativa de solución concreta y cuantificable. A través de un minucioso análisis de datos históricos de producción de los primeros ocho meses de 2024, se identificaron las áreas y los defectos de mayor incidencia en el proceso.

El desarrollo de esta tesis se estructura en cinco capítulos que guían al lector desde la comprensión del contexto y el marco teórico, pasando por la metodología aplicada, hasta el análisis de resultados y las conclusiones finales. Se presenta una evaluación financiera comparativa de dos estrategias viables: la concientización y capacitación del personal existente versus la contratación de un equipo especializado para la reincorporación de las mermas. Los hallazgos demuestran que la implementación de un enfoque basado en datos y la estandarización de procesos, mediante herramientas de calidad, no solo es técnicamente viable, sino también económicamente redituable, con un potencial de retorno neto significativo.

Esta investigación aporta así un caso de estudio tangible para la industria, transformando un desafío operativo en una oportunidad estratégica de mejora continua, optimización de costos y fortalecimiento de una cultura de calidad robusta y sostenible.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES, PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

### 1.1 Antecedentes

En México la demanda de latas para bebidas ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años esto está estrechamente relacionado con la cercanía que se tiene con Estados Unidos y el crecimiento en la demanda del mercado local, como lo señalo Cecilia Ruiz Gómez, gerente de la Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos (Canafem) *“hoy en México se producen más de 25 mil millones de latas de aluminio al año y más de cuatro mil 500 piezas o envases de hojalata para alimentos, lo cual representa un consumo per cápita de 160 latas por habitante en el país”*, el aluminio se posiciona como un elemento de desarrollo en la industria y en la evolución del humano, permitiendo el desarrollo de procesos industriales (Mandujano, 2024).

Al ser una industria que se encuentra en un desarrollo constante y buscando consolidarse dentro del mercado internacional, el enfoque al mejor aprovechamiento de los recursos es crucial, siendo el aluminio el principal elemento en la producción , es el metal con mayor presencia en la corteza terrestre y el tercer elemento con mayor disponibilidad en la tierra, sobresale por sus cualidades de resistencia a la corrosión y baja densidad, las cuales lo posicionan como un material muy utilizado en la industria, siendo uno de los metales más importantes para diversos procesos productivos. Enfocándonos principalmente en la industria alimentaria, para la fabricación de latas para el envasado de bebidas (Hernández, 2021).

Si bien el objetivo de toda industria es la obtención de generosas ganancias a raíz de su producción, existen diferentes circunstancias que entorpecen esta meta, pudiendo llevar a la ruina un negocio con altas demandas en el mercado, como lo es la manufactura de latas de aluminio para bebidas, este negocio proyecta ventas de 350,000,000 millones de unidades mensualmente con la oportunidad de crecer y abarcar no solamente el mercado mexicano, sino EEUU y Latinoamérica; lamentablemente un mal manejo de los recursos y decisiones erróneas en el proceso

productivo puede afectar esta proyección de ventas y restar fuerza en el mercado, dando apertura a la presencia de competidores que rápidamente pueden consolidarse, es fundamental tener rápida identificación y un plan de acción sobre las medidas correctivas y preventivas en torno a defectos, mermas y atrasos en la producción.

Se debe buscar una solución factible para la reducción de los gastos que generan las mermas y las pérdidas en torno a los recursos utilizados.

Parte de las aplicaciones metodológicas que se han venido realizando para la solución de problemas son la aplicación de la metodología Seis Sigma, para la mejora continua y como parte de las múltiples métodos o herramientas que integran Seis Sigma se encuentra DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) (Grima, 2014).

## **1.2 Planteamiento del problema**

Bajo un enfoque de pérdidas y ganancias monetarias en la producción de una empresa dedicada a la fabricación de latas de aluminio, esto con respecto a las mermas que se generan de cada área del proceso y con la posterior identificación de las áreas críticas que lideran la producción de mermas y por ende son las que generan más gastos de manera interna, reduciendo las ganancias finales y las ventas proyectadas de la empresa, obstaculizando las metas mensuales de la misma y aumentando los gastos y consumos por unidad, así como la rentabilidad, debido a que afectan de manera directa las ganancias esperadas.

Las principales causas de merma en la industria son el nulo cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por los clientes, defectos internos que obstaculizan el proceso y no permiten concluirlo de manera correcta, fallas en los equipos y una mala organización por parte de la gerencia.

Para las empresas manufactureras la merma tolerada puede variar según el tipo de producto, sus ventas y las metas económicas; y puede ir desde un 30%, hasta menos del uno por ciento (Chacón, Gaytán y Rico, 2020).

La merma establecida como meta en la empresa manufacturera de latas de aluminio es conforme a su proyección de producción de 3,600,000,000 millones es del 2.5%, considerando la cantidad total de latas que se producen menos la cantidad de producto

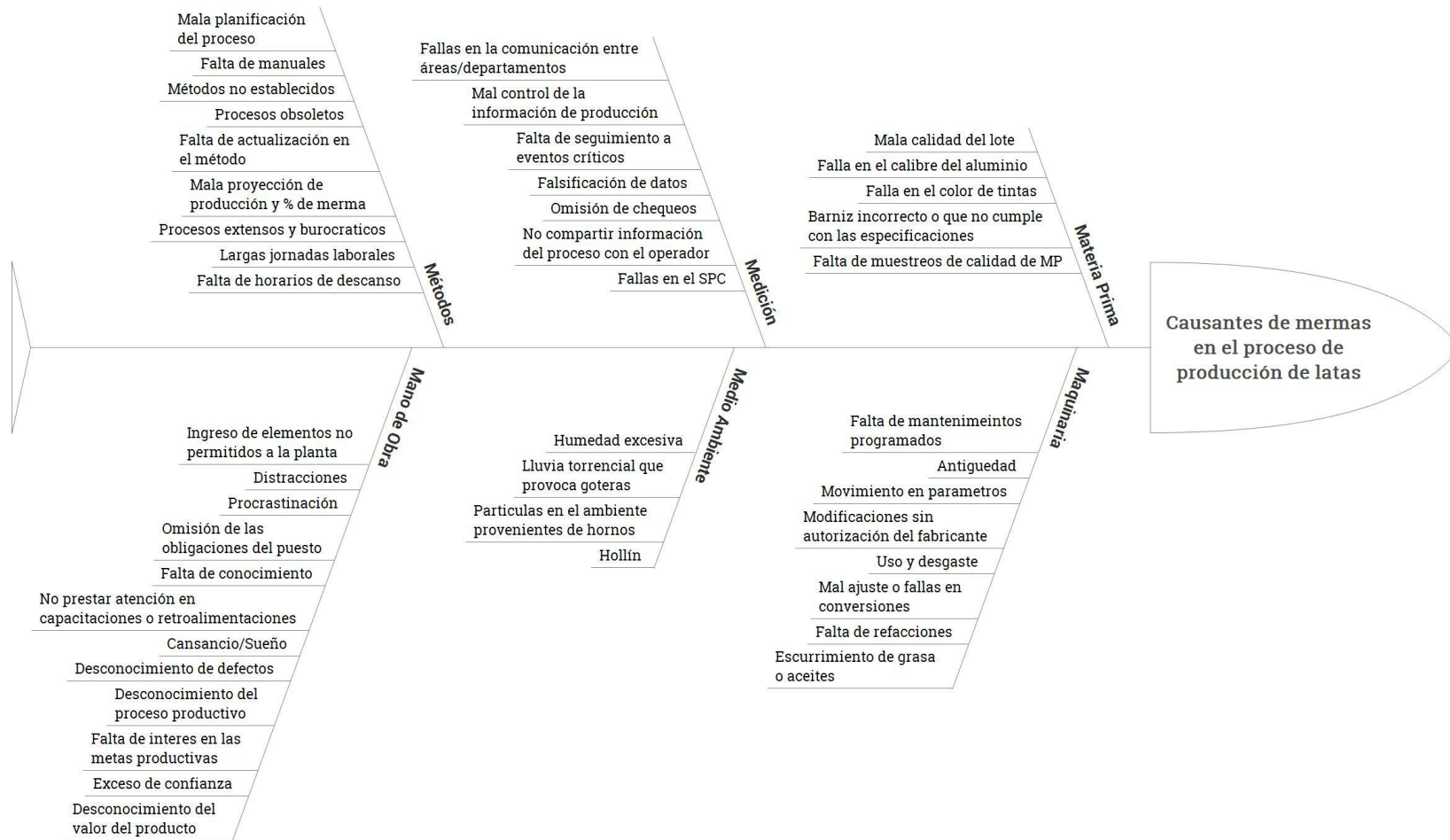
no conforme (PNC), únicamente tiene permitida la cantidad de 90,000,000 latas a disposición de merma en la producción. De igual manera considerar los gastos que se generan por no cumplir con las metas de producción y merma, que reducen las ganancias y acrecientan los costos unitarios de fabricación y mantenimiento de la producción, actualmente el precio aproximado de venta por lata en el mercado es de 30 ¢ de dólar.

Esperando que se cumplan las metas de merma y producción proyectadas, se debe buscar la causa raíz de los defectos que lideran la merma en la planta y realizar la estimación de los gastos que generan estas pérdidas de producto, para lograr establecer el plan de acción para minimizar mermas y gastos en las principales áreas críticas del proceso.

Por lo anterior, la aplicación de forma correcta de la metodología de las 6M (Método, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medio ambiente y Medición) ofrece un marco estructurado para identificar y abordar las causas raíz de los problemas (Socconini, 2016), en este caso enfocándonos en mermas, defectos y paros no programados, que afectan de manera directa a la producción. A través de este análisis, se evidencia cómo cada categoría no solo afecta individualmente al proceso, sino que también se interrelaciona con las demás, creando un impacto acumulativo que puede comprometer la rentabilidad y la satisfacción del cliente.

En esta investigación partimos de la utilización de metodología de 6M para visualizar con claridad la causa y los efectos que tiene los SCRAP (Algo que no cumple con los requisitos del cliente final, incluso interviene la maquinaria que no moldea la pieza de acuerdo a los parámetros o especificaciones, además de suministros o materia prima que sufrió algún daño y ya no es apta para su uso en producción. (Chacón, Gaytán y Rico, 2020) en el proceso, esta relación de causas-efectos se muestran en la Figura 1.

Figura 1 Representación de las causas-efectos de las mermas de un proceso por medio de un Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia con base a (Socconini, 2016).

El método, entendido como la estandarización de procesos y la planificación estratégica, es crucial para garantizar la consistencia en la producción. Sin embargo, cuando existen fallas en la documentación de procedimientos o comunicación interdepartamental deficiente, se generan cuellos de botella y errores operativos.

Problemas identificados:

- Falta de estandarización: Ausencia de manuales operativos o métodos documentados, lo que lleva a inconsistencia en las prácticas.
- Procesos obsoletos: Técnicas de producción no actualizadas que no consideran mejoras tecnológicas o de eficiencia.
- Mala proyección: Estimaciones incorrectas de producción y mermas, generando sobreproducción o escasez.
- Comunicación interdepartamental deficiente: Falta de alineación entre áreas, resultando en omisión de controles críticos.

Impacto en la producción:

- Aumento de retrabajos por errores en ejecución.
- Tiempos muertos debido a la falta de coordinación.
- Mermas por SCRAP al no detectarse a tiempo desviaciones en especificaciones.

La mano de obra es clave para la ejecución de los procesos, teniendo problemas como desconocimiento técnico o falta de motivación tienen repercusiones directas en la calidad del producto final. Un operador no capacitado en el manejo de maquinaria podría omitir verificaciones esenciales, así como realizar prácticas negligentes, como el ingreso de elementos no autorizadas a la línea de producción, introducen riesgos de contaminación o daño a los equipos, exacerbando las mermas.

Problemas identificados:

- Desconocimiento técnico: Operadores no capacitados en especificaciones de calidad
- Falta de motivación: Desinterés en cumplir metas productivas o reportar anomalías.
- Negligencia: Omisión de pasos críticos, como no verificar el ajuste de máquinas, por exceso de confianza.

Impacto en la producción:

- Defectos recurrentes por malas prácticas (ej: latas mal selladas).
- Accidentes laborales por incumplimiento de normas de seguridad.
- Desecho de producto al no seguir procedimientos

La calidad de las materias primas es determinante para el éxito del proceso, al tener inconsistencias en el calibre del aluminio o tintas fuera de especificación no solo afectan la funcionalidad de las latas, sino que también fuerzan paradas técnicas para ajustar maquinaria. Por ejemplo, si el aluminio presenta impurezas, puede fracturarse durante el estirado, generando SCRAP y retrasos. Esta situación se agrava cuando no se implementan protocolos rigurosos de muestreo, permitiendo que materiales no conformes lleguen a la línea de producción.

Problemas identificados:

- Aluminio fuera de calibre: Láminas demasiado delgadas/gruesas que afectan la resistencia de las latas.
- Tintas defectuosas: Color inconsistente o baja adherencia, incumpliendo especificaciones de marca.
- Falta de control en MP: No se realizan muestreos estadísticos para verificar calidad antes de su uso.

Impacto en la producción:

- Rechazo de lotes por incumplimiento de normas de clientes
- Daño de máquinas por materiales abrasivos o no compatibles.
- Mermas por SCRAP al no poder reutilizar materiales no conformes.

La maquinaria, aunque diseñada para optimizar la producción, puede convertirse en una fuente de problemas si no se mantiene adecuadamente. Fallas por desgaste, modificaciones no autorizadas o fugas de lubricantes son comunes en entornos donde el mantenimiento preventivo es insuficiente. Estas fallas no solo detienen la producción, sino que también generan defectos como latas mal formadas o contaminadas, las cuales deben ser descartadas. Un caso presente continuamente es el mal pulido de la herramienta, que producen rebabas y marcas en los bordes y cuerpo de las latas, requiriendo inspecciones adicionales y aumentando los costos.

Problemas identificados:

- Falta de mantenimiento preventivo: Desgaste de componentes críticos
- Modificaciones no autorizadas: Cambios en parámetros de máquinas sin validación técnica.
- Fugas de lubricantes: Contaminación del producto

Impacto en la producción:

- Paradas no programadas por fallas repentinas.
- Variabilidad en calidad, como lo serian latas con dimensiones fuera de tolerancia.
- Aumento de costos por reparaciones de emergencia.

Las condiciones ambientales, aunque a menudo subestimadas, juegan un papel crucial para la producción y salvaguardar la inocuidad del producto, la presencia de partículas en suspensión provenientes de hornos o niveles inadecuados de humedad pueden adherirse a las latas durante el proceso de impresión o secado, comprometiendo a esta; de igual manera los ambientes húmedos provocan que las latas contengan agua internamente, este es otro problema de inocuidad.

Problemas identificados:

- Contaminación ambiental: Partículas de hornos o humedad que se adhieren a las latas.
- Temperatura inestable: Afecta el secado de tintas o el comportamiento del aluminio.

Impacto en la producción:

- Defectos superficiales en la aplicación de tintas por porosidad en el aluminio causada por la humedad.
- Rechazos por contaminación interna en las latas.

Finalmente, la medición es la herramienta que permite evaluar y corregir desviaciones en las paredes o espesores del producto, sin embargo, cuando los datos son falsificados o la falta de uso en los sistemas de control estadístico, se pierde la capacidad de anticipar problemas. Un ejemplo claro es la falla de los equipos que generan los gráficos de control para monitorear el grosor del aluminio: sin esta información, las variaciones se detectan mucho tiempo después de que el producto ya fue aceptado.

Problemas identificados:

- Datos falsificados o no registrados: Oculta tendencias críticas, resulta en un aumento de defectos en un turno.
- Falta de SPC (Control Estadístico de Proceso): No se detectan variaciones anormales a tiempo.

Impacto en la producción:

- Toma de decisiones reactiva, se actúa cuando el problema ya es grave.
- Incapacidad para mejorar procesos por falta de métricas confiables.

La aplicación de una herramienta como lo es un diagrama Ishikawa nos revela que los mayores desafíos en la producción surgen de la interdependencia entre factores humanos, técnicos y ambientales (Socconini, 2016). Si existe una falta de capacitación o desconocimiento por parte de la mano de obra nos generara un mal uso de la maquinaria, por consiguiente, se produce una omisión en el proceso de estandarización de métodos, puesto que al existir desinformación se omiten los procesos de verificación que ayudan a la identificación y reducción de errores en las mediciones y nos apoyan en el cumplimiento de especificaciones de calidad.

De igual manera su impacto se propaga a través de materiales defectuosos, maquinaria desgastada y condiciones ambientales adversas. Para mitigar estos problemas, es esencial adoptar un enfoque holístico que incluya:

- Actualización constante de procedimientos.
- Programas de capacitación técnica.
- Monitoreo en tiempo real con tecnologías.

Solo así se podrá transformar un proceso lleno de desafíos en uno eficiente, sostenible y orientado a la calidad que se sostenga en un mercado cada vez más competitivo, la capacidad de identificar y gestionar las variables críticas de producción no es solo una ventaja, sino una necesidad.

### **1.3 Propósito de la investigación**

En el presente trabajo se pretende conocer y analizar el proceso productivo de una empresa mexicana dedicada a la fabricación de latas para bebidas, esperando obtener información sobre el proceso de fabricación, áreas de riesgo, materia prima utilizada y los principales defectos que se presentan a lo largo del mismo, con el fin de identificar la causa raíz de su principal problemática.

A partir de la observación y de un análisis de datos previos, se infiere en la pérdida constante de producto y una merma superior a los porcentajes establecidos por la gerencia, esto a causa de defectos críticos que vulneran la calidad del producto y son generados en el proceso.

Con base en lo anterior, el propósito de esta investigación es generar alternativas de solución que ayuden a la reducción o control de mermas resultantes del proceso, mediante un enfoque metodológico que incluye el análisis de datos de producción, la observación in situ y herramientas de calidad como el diagrama de Ishikawa, así como la aplicación de diversas herramientas de calidad, con el fin de diagnosticar las fallas críticas en el proceso. Con ello obtener una reducción de los costos operativos ocasionados por la pérdida de producto que ya ha sido intervenido y generar un balance entre la producción y la merma.

#### **1.4 Objetivo general**

Analizar el proceso productivo de una empresa manufacturera de latas de aluminio para bebidas y proponer alternativas de solución basadas en un enfoque de mejora continua y metodología DMAIC de Seis Sigma, para reducir la tasa de merma en el proceso de fabricación, por medio de la identificación de causas raíz, el control de producto no conforme y la reincorporación de producto recuperable, con la finalidad de reducir los niveles de merma y optimizar los costos operativos.

#### **1.5 Objetivos específicos.**

1. Describir el proceso productivo de la fabricación de latas de aluminio para bebidas, identificando operaciones unitarias, puntos de trazabilidad y áreas críticas.
2. Cuantificar el volumen e impacto económico del producto no conforme mediante el análisis del registro histórico.
3. Identificar las causas raíz de los defectos con mayor incidencia mediante la aplicación de herramientas de calidad.
4. Diseñar un sistema estandarizado para clasificar el producto terminado.
5. Evaluar alternativas para la reincorporación de producto recuperable mediante un análisis de viabilidad técnica y económica.
6. Seleccionar alternativa de solución óptima, basada en el análisis costo-beneficio

## **1.6 Justificación de la investigación.**

El presente trabajo se justifica en los siguientes ámbitos puesto que, esta investigación es conveniente y necesaria porque aborda una problemática económica crítica para la empresa que se encuentra siendo estudiada, al tener significativas pérdidas financieras ocasionadas por una tasa de merma que excede la meta establecida del 2.5%. El estudio sirve para diagnosticar las causas raíz de esta ineficiencia y proponer alternativas de solución concretas y cuantificadas que impacten directamente en la rentabilidad del proceso.

Es importante porque transforma un problema operativo en una oportunidad de mejora, proporcionando a la gerencia un análisis de datos previo a su registro histórico para la toma de decisiones informadas y estratégicas. El impacto social que presenta beneficia principalmente a los colaboradores de la empresa, esto al buscar reducir las pérdidas a lo largo del proceso, se espera fortalecer la estabilidad financiera de la compañía, con ello aumentar las utilidades y generarles ingresos mayores, así como una posible capacitación y oportunidades de desarrollo interno.

Se busca resolver un problema real y cuantificable para la empresa, las implicaciones prácticas son directas, al establecer como objetivo la reducción de costos y reincorporación de producto, se optimizan los mismos. De igual manera si se estandariza el proceso mediante herramientas prácticas que agilicen la toma de decisiones en el área de calidad, se reduce la subjetividad y el margen de error, con ello, la resolución de problemas será más eficaz.

Con dicho trabajo se espera contribuir al conocimiento en el campo de la ingeniería industrial y la gestión de la calidad al aplicar y validar el uso de la metodología DMAIC de Seis Sigma y las herramientas de calidad en un caso real y específico de la industria manufacturera de envases. Se espera generar un caso de estudio detallado sobre la gestión de mermas en este caso específico para la industria de fabricación de latas de aluminio, que puede ser utilizado como referencia o replicado en otras plantas con problemáticas similares.

La investigación ofrece una utilidad metodológica relevante puesto que se busca proponer instrumentos de estandarización al proceso que optimicen la recolección de datos y la clasificación objetiva del producto, si bien se comprueba su utilidad podría

ser aplicado en otras líneas de producción o incluso en otras empresas del sector. Al sugerir una metodología de análisis que integre datos de producción, costos operativos y análisis financiero para evaluar soluciones, de esta manera proponer un modelo para estudiar problemas de eficiencia de manera integral y completa.

Las repercusiones esperadas son predominantemente positivas para la empresa y para los trabajadores, se espera una reducción de costos, un aumento en la eficiencia global y una cultura de calidad más robusta, seguido de una potencial creación de empleos y mayor estabilidad laboral derivada de una empresa más competitiva.

En conclusión, este estudio está justificado por su potencial para transformar una problemática operativa en una oportunidad de optimizar los recursos de la organización buscando que sea tangible económicamente, en el ámbito de la calidad y sostenibilidad para la empresa y su comunidad.

### **1.7 Alcance.**

El alcance de esta investigación es explicativo y de aplicación práctica, ya que no solo se limita a identificar y diagnosticar el problema, sino que avanza hacia la propuesta y evaluación de soluciones concretas. A partir de este estudio se espera obtener un diagnóstico completo de las causas raíz que generan el exceso de merma en el proceso productivo, de igual manera la cuantificación del impacto económico del producto no conforme, detallando los costos asociados a materia prima, mano de obra, maquinaria, equipo, comunicación, información del proceso y servicios.

Posterior a ello se pretende establecer el diseño de una herramienta estandarizada para la gestión y trazabilidad del producto, así como una evaluación financiera que sustente las propuestas de solución generadas que cumplan con el objetivo de tener un control sobre el producto no conforme y la reincorporación de producto recuperable. Finalmente, la selección de las alternativas que se ajusten a los objetivos del proyecto los cuales son para reducir la merma, sustentada en un análisis de costo-beneficio y la aplicación de herramientas de calidad mediante la metodología DMAIC de Seis Sigma.

## **1.8 Delimitación.**

El presente trabajo pretende establecer los límites temporales y espaciales, el correspondiente estudio se centra en la obtención de los datos referentes en el año 2024, periodo durante el cual se recopilaron los registros históricos de producción, merma y costos operativos de la empresa bajo estudio. Durante el año 2025 al cierre de esta investigación en octubre de 2025, se realizó el análisis y generación de alternativas, así como su evaluación.

La investigación se lleva a cabo en una planta manufacturera de latas de aluminio para bebidas ubicada en el estado de Hidalgo, México. No se incluyen otras plantas de la empresa ni se extiende a otras regiones o filiales, únicamente se recopilaron los datos en dicha empresa y las propuestas son con base en las necesidades y problemáticas de la misma.

El estudio se enfoca exclusivamente en el proceso de fabricación de latas de aluminio para bebidas, con énfasis en la identificación, clasificación y reincorporación del producto no conforme. Se consideran las áreas de producción críticas, pero no se abordan procesos auxiliares como administración, ventas o logística externa.

La investigación se basa en un enfoque cuantitativo-descriptivo, utilizando herramientas de la metodología DMAIC de Seis Sigma y análisis de datos históricos. No se incluyen experimentos in situ ni intervenciones cualitativas extensivas beyond la propuesta de implementación de formatos.

Se analizan únicamente los datos agregados a nivel de línea de producción, turno y grupo de trabajo. No se incluye información a nivel de empleado individual ni se realizan entrevistas o encuestas profundas.

## **1.9 Organización del estudio**

La estructura del presente trabajo se compone de cinco capítulos que desarrollan de manera lógica y secuencial el proceso de diagnóstico, análisis y propuesta de mejora para la reducción de mermas en la fabricación de latas de aluminio.

### **Capítulo 1. Antecedentes, propósito y organización**

En este capítulo se presenta el contexto general de la investigación, incluyendo los antecedentes de la industria de envases metálicos en México, el planteamiento del problema, el propósito de la investigación, los objetivos generales y específicos, la justificación, el alcance y la delimitación del estudio. Finaliza con esta sección de organización del estudio.

### **Capítulo 2. Marco teórico**

Se fundamenta teóricamente la investigación mediante la revisión de literatura especializada en herramientas de mejora continua como Seis Sigma y DMAIC, propiedades y procesos del aluminio, tipos de envases, procesos de fabricación de latas, defectos comunes y áreas de riesgo. Incluye también un diagrama de flujo de las operaciones unitarias del proceso productivo.

### **Capítulo 3. Metodología**

Se describe el diseño de la investigación bajo un enfoque de intervención, detallando la descripción del objeto de estudio, la selección de la muestra, la elaboración y aplicación de instrumentos, la recolección y análisis de datos, y el diseño teórico de la metodología de la investigación, la cual incluye un diagrama de proceso para la implementación de las alternativas de solución.

### **Capítulo 4. Análisis y discusión.**

Se exponen los resultados obtenidos a partir del análisis de datos históricos de producción y merma, apoyados en tablas y gráficas que ilustran el comportamiento del PNC por línea, grupo, mes, área y tipo de defecto. Se incluye un análisis de costos por desecho y recuperación, así como la evaluación comparativa de enfoques de solución, los cuales incluyen la concientización del personal, contratación de personal especializado y seguir sin acciones correctivas.

### **Capítulo 5. Conclusiones.**

Se presentan las conclusiones derivadas de los resultados en relación con los objetivos planteados, las aportaciones originales del estudio, las limitaciones de las alternativas

propuestas y recomendaciones para futuras investigaciones o implementaciones prácticas de la metodología desarrollada en esta investigación.

## **CAPÍTULO 2.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Herramientas de mejora**

Son aquellas técnicas gráficas que ayudan a el análisis y comprensión de los procesos en una organización de trabajo, que al ser aplicadas en diferentes situaciones y en el supuesto de existir algún problema pueda mejorarse o corregirse, puesto que el uso de las herramientas de mejora, provee una visión completa de los problemas, causas raíces y apoya en la creación de soluciones en los procesos. Mediante un enfoque de mejora continua y siguiendo las bases establecidas en la década de los años 50, con las herramientas estadísticas de Control de Calidad, desarrolladas por Shewhart y Deming, para su posterior utilización en los años 60 por Ishikawa, que estableció las 7 herramientas para el control de la calidad (Carrera, Manobanda, Castro y Vallejo).

##### **2.1.1 Seis Sigma**

La aplicación de la metodología Seis Sigma ha sido implementada constantemente para reducir variabilidad e incrementar calidad y productividad de las empresas que la aplican. Diversos expertos la definen como un sistema integral que combina principios filosóficos, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos, con el objetivo de satisfacer al cliente y, por ende, aumentar la rentabilidad empresarial. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción de los clientes (Grima, 2014).

Esta metodología permite tener una identificación completa y concisa de los procesos involucrados, con el fin de reducir los defectos por millón de los mismos. Para usar esta herramienta se busca el apoyo de otras metodologías que integran el Seis Sigma, en este caso la más utilizada, DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Esta técnica considera 5 etapas importantes para la mejora de procesos, siendo un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación (McCarty, 2004).

Conocer los objetivos de cada una de las etapas es algo fundamental, así como las herramientas que soportan y fundamentan a las mismas (Vidal, Soler, y Molina, 2018).

- Definición: Esta fase constituye el fundamento del proceso al ser la etapa inicial, donde se:
  - Plantea el problema a resolver.
  - Establece el objetivo o meta a alcanzar.
  - Identifica todos los elementos involucrados en el proceso.

Para ejecutar esta etapa eficientemente, se emplean diversas herramientas, puesto que esta fase es determinante, para evitar desviaciones posteriores y asegurar la alineación con los resultados esperados.

- Diagrama de flujo: Visualiza las etapas del proceso y facilita la identificación de puntos críticos.
- QFD (Despliegue de la Función de Calidad): Convierte las necesidades del cliente en especificaciones técnicas y estándares de calidad.
- FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos): Anticipa posibles fallos y prioriza controles preventivos.
- Medición: En esta fase se tiene como objetivo:
  - Recopilar datos precisos sobre el estado actual del proceso
  - Identificar y comprender las causas fundamentales de las problemáticas
  - Establecer una base cuantitativa para el análisis posterior

Esta etapa proporciona los indicadores clave que servirán como referencia para evaluar futuras mejoras y validar la efectividad de las soluciones implementadas, por medio del uso de técnicas de Recolección de Datos:

- Muestreo estadístico: Permite obtener información representativa con un enfoque científico
- Sesiones de brainstorming: Facilita la identificación colaborativa de factores críticos
- Plantillas estandarizadas: Garantizan la consistencia en la captura de información
- Análisis: Es crítico puesto que se examinan e interpretan los datos recopilados previamente mediante técnicas estadísticas avanzadas:
  - Identificar patrones y tendencias significativas
  - Descubrir relaciones causa-efecto ocultas
  - Priorizar factores críticos que impactan el proceso

Esta etapa transforma datos en conocimiento accionable, sentando las bases para soluciones efectivas. Su rigor metodológico evita suposiciones y garantiza decisiones basadas en evidencia.

- Histograma: Ideal para visualizar grandes volúmenes de datos y detectar desviaciones
- Diagrama de Pareto: Permite enfocar esfuerzos en el "20% de causas que generan el 80% de problemas"
- Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa): Mapea sistemáticamente todas las posibles causas raíz, estructurando de manera visual para sesiones de análisis colaborativo
- Diagrama de Dispersión: Analiza correlaciones entre dos variables cuantitativas, para predecir comportamientos y validar hipótesis
- Gráficos de Control: Diferencian variaciones normales (aleatorias) de anómalas (asignables), para monitorear la estabilidad del proceso.
- Mejora: Se transforman los hallazgos analíticos en soluciones concretas mediante:
  - Diseño de acciones correctivas dirigidas a las causas raíz identificadas
  - Priorización de intervenciones con mayor impacto en los resultados
  - Planificación estratégica para la implementación efectiva

Esta fase requiere equilibrio entre creatividad para la generación de alternativas y rigor metodológico en la evaluación de viabilidad.

- Brainstorming: Fomenta la participación multidisciplinaria y el pensamiento creativo
- FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos): Evalúa sistemáticamente los riesgos potenciales de cada solución propuesta priorizando la severidad del impacto, frecuencia de ocurrencia y capacidad de detención, así como planes de contingencia en escenarios críticos
- Control: Garantiza la sostenibilidad de las mejoras mediante un sistema de monitoreo estructurado que:
  - Evalúa la efectividad de las acciones implementadas
  - Detecta desviaciones tempranas mediante indicadores clave
  - Estandariza procesos optimizados para asegurar resultados consistentes

Herramientas de Control Estratégico

- Gráficos de Control: Monitorean la estabilidad del proceso en tiempo real, diferencian la variación controlada de causas especiales y alertan sobre tendencias peligrosas antes que afecten resultados
- Análisis de Capacidad (Cp/Cpk): Mide qué tan bien el proceso cumple con especificaciones técnicas
- Nivel Sigma del Proceso: Cuantifica el desempeño en términos de defectos por millón de oportunidades (DPMO)

## **2.2 Aluminio**

El primer acercamiento que tuvo la humanidad con dicho elemento fue en 1808, pero el descubrimiento se atribuye a Frederick Wöhler en 1827, el aluminio proviene de la bauxita, una roca blanda que está formada principalmente por hidróxido de aluminio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), que al ser refinada se convierte en un tipo de óxido de aluminio conocido como alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dicho material se somete a un proceso electroquímico produciendo una reacción química que lo reduce a aluminio (Hernández, 2021).

### **2.2.1 Proceso de fabricación del aluminio**

Se utiliza el proceso Hall-Héroult en donde la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) refinada obtenida de la bauxita se disuelve en baños de criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) con adiciones de sales de flúor manteniendo la temperatura, densidad, resistividad y solubilidad de la alúmina, una corriente eléctrica pasa por medio de las sales de baño, para de esta manera obtener el aluminio como placas de metal en los cátodos. El resultado de este proceso se coloca en crisoles, para fundirse y producir lingotes, obteniendo de esta manera el aluminio primario a partir de bauxita. La producción de aluminio secundario se obtiene mediante procesos de reciclaje de chatarra de aluminio (Hernández, 2021).

### **2.2.2 Propiedades**

Al ser materiales versátiles y económicos resultan bastante atractivos para una amplia gama de aplicaciones en la industria, las aleaciones de aluminio se posicionan en el segundo lugar solo atrás de los aceros siendo materiales estructurales, el aluminio puede resistir la corrosión de agua, sal y otros factores ambientales además de otros agentes químicos y físicos. Gracias a estas propiedades que, al encontrarse acompañadas de una gran resistencia de algunas aleaciones de aluminio, permiten moldear el diseño y adaptarlo a estructuras fuertes y livianas que son ventajosas para el transporte y almacenamiento de un producto que será consumido.

El aluminio de la serie 3000 corresponde a todos aquellos aluminios con manganeso, destaca la aleación 3003 por su alta resistencia mecánica y a la corrosión, siendo el aluminio calorifugado más utilizado (Metalvin, 2019).

Figura 2 Clasificación aluminio

| Aluminio con manganeso |                      |                             |                                |                     |                       |                   |                      | Aplicaciones  |
|------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---|
| Norma E.N.             | Estado de suministro | Carga de rotura min Rm N/mm | Límite elástico min Rp 0,2N/mm | Alargamiento A 60 % | Límite de fatiga N/mm | Dureza Brinell HB | Peso Específico g/cm |   |
| 3003                   | 0                    | 95                          | 35                             | 15                  | 100                   | 28                | 2,73                 | Edificación, revestimiento de vehículos, calderería en general, utensilios de cocina, depósitos de combustible, disipadores de calor. |
|                        | H-12 / H-22          | 120                         | 80                             | 3                   | 110                   | 37                | 2,73                 |   |
|                        | H-14 / H-24          | 145                         | 115                            | 2                   | 130                   | 45                | 2,73                 |   |
| 3105                   | H-18 / H-28          | 190                         | 160                            | 1                   | 150                   | 59                | 2,73                 | Calderería en general, calorifugado, envases para la alimentación, cápsulas y tapones bebidas, edificación en general.                |
|                        | 0                    | 100                         | 40                             | 15                  | 100                   | 29                | 2,73                 |   |
|                        | H-12 / H-22          | 130                         | 105                            | 3                   | -                     | 41                | 2,73                 |   |
|                        | H-14 / H-24          | 150                         | 120                            | 2                   | 150                   | 47                | 2,73                 |   |
|                        | H-18 / H-28          | 195                         | 170                            | 1                   | -                     | 61                | 2,73                 |   |

Fuente: (Metalvin, 2019)

## 2.3 Envase

Según la RAE podemos definir un envase como “Aquello que envuelve o contiene artículos de comercio u otros efectos para conservarlos o transportarlos.”

Actualmente la industria se encarga de producir dichos artículos para el transporte de manera masiva, buscando optimizar la manipulación, distribución y facilitar el consumo para el cliente final (RAE, 2024).

### 2.3.1 Tipos de envases

Actualmente el mercado de envases es diverso y se adapta a cualquier producto y necesidad presente, existen envases de prácticamente cualquier material con el fin de adecuarse a las condiciones y exigencias del producto. Siendo el metal, vidrio, plástico, papel y madera los elementos principales en la fabricación de los mismos. Para la industria de envases de bebidas los materiales principales son el plástico, seguido por el aluminio y vidrio.

### 2.3.2 Envases de aluminio

Se remonta a mediados del siglo XX, cuando la primera lata comercial fue producida en Richmond, Virginia 1935, por la compañía Gottfried Krueger Brewing Company, ya que presentaba al mercado una nueva manera de consumir cerveza, en lata. La cual sería precedente para la producción de envasados para bebidas, dando fin a una era de problemas de almacenaje y reutilización de botellas, La Finest Beer de la cervecera Krueger fue un éxito en ventas y a pesar que no contaban con un envase tan practico como los de la actualidad, fue un producto que revoluciono la forma de consumir y presentar bebidas en el mercado, con evoluciones paulatinas pero significativas hasta la lata que conocemos en la actualidad (Hernández, 2021).

*Figura 3 Primera lata fabricada*



*Fuente: (Hernández, 2021).*

## **2.4 Procesos de fabricación**

Son el conjunto de actividades, técnicas y procedimientos que al ser llevadas a cabo de manera organizada y sistemática se utilizan para la transformación de materias primas, insumos o recursos con el principal objetivo de darles un uso específico; durante este proceso se implican mano de obra, maquinaria, tecnología, energía y gestión para lograr la producción manera eficiente y efectiva (Pérez, 2014).

### **2.4.1 Punto de trazabilidad**

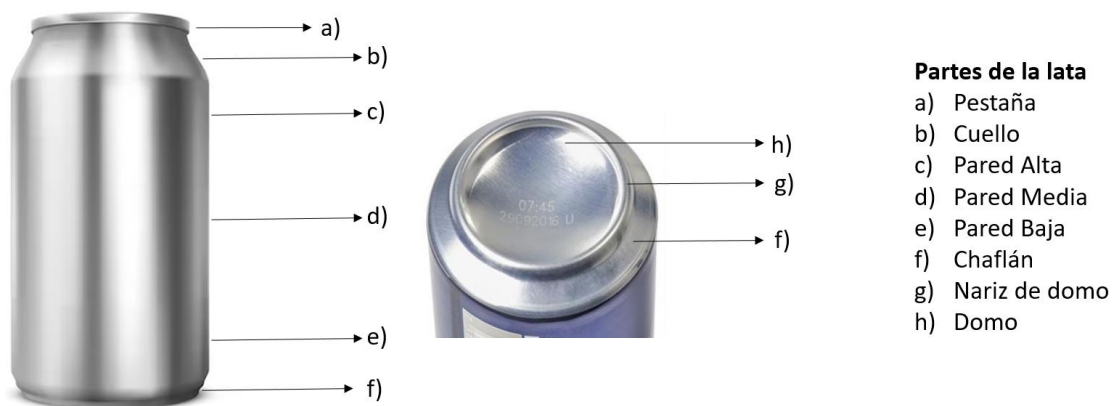
Son aquellos momentos o etapas clave en los que se registra y monitorea información específica sobre el producto, con el fin de garantizar su rastreo a lo largo de toda la cadena de producción; permiten seguir el historial, la ubicación y las condiciones desde su origen hasta su destino final, es esencial para asegurar la calidad, cumplir con normativas y responder ante posibles problemas (RAE, 2024).

### **2.4.2 Partes de una lata**

Son los componentes o elementos que lo conforman, están diseñados para cumplir funciones específicas como contener, proteger, preservar y facilitar el uso del producto, así como garantizar la conservación del contenido hasta facilitar su apertura y consumo. A continuación, desglosaremos las partes que conforman una lata, explorando su estructura e importancia.

Se identifican 8 partes en una lata, las 6 primeras partes se forman en el proceso denominado Front End, y son el Domo, Chaflán, Nariz de domo, Paren Baja, Pared Media y Pared Alta, las partes del Cuello y Pestaña se forman en el proceso llamado Back End.

*Figura 4 Constitución de la lata.*



Fuente: *Elaboración propia.*

### **2.4.3 Proceso de fabricación de latas**

#### **2.4.3.1 Recepción de materia prima**

La recepción de la materia prima principal es el primer paso para la fabricación de las latas. El aluminio, llega a la planta en grandes bobinas de calibre 96 formando láminas de 1,2 metros de ancho y una longitud de entre 4 000 y 8 000 metros (ver Figura 5). Se deben realizar las pruebas pertinentes para corroborar la calidad de cada bobina o lote a usar durante la producción, una vez aprobadas se introducen al proceso (Conecband, s. f.).

*Figura 5 Bobina de acero laminado.*



Fuente: (Conecband, s. f.).

#### **2.4.3.2 Formado de copas**

Las bobinas se posicionan para ser desenrolladas y colocadas en la entrada de la prensa formadora, la lámina es lubricada antes de entrar al proceso, se utiliza una prensa formadora coloquialmente llamada Cupper (ver Figura 6) que tiene entre 13 y 15

estaciones que forman las copas en simultaneo en cada golpe y una velocidad máxima de 225 golpes por minuto, lo que representa  $225 \times 15 = 3\,375$  copas por minuto, esto depende del tamaño de lata que se esté fabricando. En el proceso de formado de las copas existe cierta rebaba de aluminio que la prensa corta antes de dar el siguiente golpe, este desperdicio de aluminio, scrap, se extrae de la prensa por medio de un sistema de vacío hacia un ducto que está conectado con la compactadora de aluminio. En esta parte del proceso ubicamos el primer punto de trazabilidad, ya que cada estación tiene número y se puede llevar un control de las mismas.

*Figura 6 Maquinaria para fabricar latas Cupper.*



*Fuente: (Cupper, 2023).*

#### **2.4.3.3 Formado del cuerpo (Front End)**

Cuando las copas están formadas se continua el proceso de elaboración de las latas, son transportadas por medio de un transporte de vacío, la maquinaria encargada de la formación del cuerpo de la lata se denominan Body Makers, en la cual se posicionan las copas de manera vertical para el proceso de estiramiento y con apoyo de lubricantes para evitar la fractura del aluminio, por medio de un cilindro que lleva en su extremo un punzón de acero, que empuja las copas a través de una serie de 4 anillos, que son los encargados de reducir el diámetro interno de la copa y el espesor de las paredes, estirando el metal hasta conseguir la lata de una sola pieza con el grosor y largo solicitados, al final el cuerpo de la lata se presiona contra un molde que le da forma al domo (ver figura 6). Para retirar la lata del punzón y este pueda continuar con el proceso se realiza mediante la combinación de un sistema de aire y un sistema formado por resortes que actúan como dedos, liberando la lata. Este es el segundo punto de

trazabilidad, ya que cada Body Maker tiene asignado un número que se prensa en el domo de la lata.

Para realizar un corte uniforme del borde superior de la lata y asignarle la altura deseada, se utiliza una máquina recortadora llamada Trimmer, es la encargada del corte inmediatamente después de la formación de la lata, debe ser un corte uniforme y sin rebabas para evitar afectaciones en otras partes del proceso (ver Figura 7); de igual manera se deben realizar las pruebas para corroborar que las alturas, diámetros, espesor de las paredes, profundidad de domo y peso de la lata, sean los correctos y establecidos.

*Figura 7* Proceso de formado.



*Fuente:* (Worldofcans, s. f.).

*Figura 8* Corte con defecto.



*Fuente:* (Colección imagen fotográfica propia, 2025).

#### **2.4.3.4 Lavadoras**

Al ser necesaria la presencia de aceites lubricantes en la primera parte del proceso productivo, es preciso eliminar los restos de aceites adheridos en la lata para continuar con el proceso, siempre respetando el ambiente, esta operación se realiza con apoyo de una máquina lavadora, capaz de lavar hasta 5 000 latas por minuto (ver Figura 9).

En este proceso se utiliza ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, para desprender las impurezas; si es una producción de latas que contendrán cerveza se agrega un tratamiento con zirconio, en el proceso de elaboración de la cerveza, esta se somete a un tratamiento de pasteurización que puede afectar negativamente las tintas y barnices aplicados en el exterior de las latas. Para contrarrestar este efecto, se utiliza zirconio, cuya función principal es crear una capa cristalina que actúa como barrera protectora, preservando las tintas y barnices de los daños causados por la pasteurización.

En la parte final del proceso de lavado se utiliza agua desmineralizada, es un tipo de agua que ha sido purificada al eliminar todas las sales minerales, la presencia de estas sales en la superficie de la lata puede causar problemas de adherencia en las tintas y dejar áreas de metal expuesto. Al estar libre de minerales, el agua DI tiene la capacidad de atraer y eliminar aquellos minerales presentes en la superficie de la lata, asegurando que no queden residuos en el metal.

Así como la aplicación de un químico especial de enjuague que busca optimizar el desplazamiento de las latas a lo largo de los transportadores, al mismo tiempo que favorece el escurrido eficiente del agua sobre su superficie. Este proceso permite reducir la temperatura requerida en el horno de la lavadora, lo que se traduce en un menor consumo de energía, pasando finalmente por un horno de temperaturas entre 160°C-170°C que seca las latas con aire caliente, en la primera sección elimina la mayor cantidad de humedad de la superficie, en su segunda sección da el secado final de la misma.

*Figura 9. Torrent can washer*



*Fuente: (CPM, 2024)*

#### **2.4.3.5 Barniz UV**

La aplicación del barniz en el domo de las latas se lleva a cabo mediante rodillos barnizadores, los cuales están ubicados en 4 zonas que recubren las latas a medida que avanzan, el propósito principal de este barniz es facilitar el movimiento de las latas a lo largo del sistema de transporte, evitando posibles bloqueos o atascos, durante el proceso de envasado

Una vez aplicado el barniz, las latas pasan por los hornos UV, donde se utiliza luz ultravioleta (UV) emitida por lámparas especiales. Este proceso permite que el barniz se seque rápidamente, otorgando a las latas la movilidad necesaria para continuar su recorrido sin inconvenientes, para cerciorarse que la aplicación de barniz UV es la adecuada se realizan pruebas con ácido Sulfúrico, que quema el aluminio en el cual no hay barniz UV (ver Figura 10).

*Figura 10 Pruebas al barniz UV*



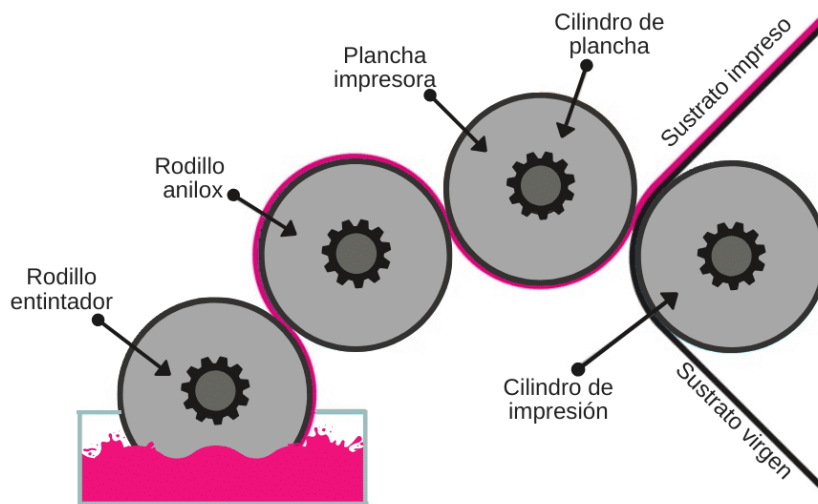
*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

### 2.4.3.6 Impresoras.

El proceso de impresión tiene como objetivo agregarle identidad a la lata, el cual se realiza de un modo muy parecido a como se imprime una revista, mediante una máquina rotativa, con la diferencia que la superficie de impresión es cilíndrica y no plana, el proceso de impresión utilizado es llamado flexografía (ver Figura 11).

La flexografía es un método de impresión que utiliza una técnica en relieve, donde las áreas que imprimen de la plancha sobresalen respecto a las que no imprimen. La plancha, conocida como cliché o placa, está fabricada comúnmente de fotopolímero, un material altamente flexible que permite adaptarse a una amplia variedad de superficies o sustratos de impresión. Este proceso guarda similitud con el funcionamiento de un sello de imprenta tradicional (Esagraf, 2024).

*Figura 11 Proceso de impresión flexográfica*



*Fuente: (Esagraf, 2024).*

Esta máquina, tiene una capacidad de impresión de ocho tinteros que contienen los colores, los cuales se colocan del más claro al más oscuro, en contra de las manecillas del reloj, en el proceso entran las latas brillantes, son sujetadas por mandriles y se les aplica la tinta con apoyo de unas mantillas que depositan el diseño y color en la lata, las cuales contienen el color previamente depositado por los cilindros.

Esta parte del proceso es el tercer punto de trazabilidad ya que se colocan los Date codes (ver Figura 13) para la identificación de la producción y es muy importante cuidar los detalles relacionados a imagen, colores y textos legales de las marcas, evitando contaminación en la impresión o detalles que sean erróneos en el diseño original, para contener y tener una disminución en mermas posteriores, se utilizan equipos especializados llamados Oriones que se encargan de generar una imagen estándar del diseño que se está produciendo y si detectan alguna anomalía desechan la lata en ese momento (ver Figura 14).

*Figura 12 Impresora*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

*Figura 13 Date Codes*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

*Figura 14 Funciones del Orión*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

Después de la impresión de la etiqueta se coloca un barniz exterior, con el objetivo de proteger a las tintas y el diseño de la lata, posterior a la aplicación se envían a un horno a una temperatura de 180°C de cocción externa para secarlos, con esto la capa impresa adquiere estabilidad y resistencia al roce.

### **2.4.3.7 Es spreadoras**

En esta etapa del proceso las latas previamente impresas llegan y se posicionan de manera vertical en las torretas. Estas, que son 8 en total barnizan una lata cada una en segundos, este es un punto de trazabilidad, siendo el cuarto del proceso, cada torreta tiene un color asignado y se coloca 1 o 2 puntos en el domo de la lata para la identificación de las mismas; las torretas son las encargadas de colocar el barniz al interior de la lata por medio de dos boquillas rociadoras de barniz, el cual cuida y evita la corrosión de la misma, así como una alteración del producto envasado por un posible contacto o exposición al metal, es muy importante esta parte del proceso ya que cuida la inocuidad y al consumidor, el peso correspondiente a barniz interior aplicado varía según sea el caso de la bebida a envasarse.

Posteriormente el barniz es secado en un horno, llamado Horno IBO que cuenta con 3 zonas a diferentes de temperaturas, zona 1-122°C, zona 2-205°C y zona 3-205°C que se encargan del secado del barniz en toda la parte interna de la lata.

### **2.4.3.8 Necker (Back End)**

Esta etapa es la que denominamos Back end y se utiliza una máquina con 13 diferentes estaciones llamada Necker, cada estación realiza una acción, que colabora para que al final en forma general se forme el cuello y la pestaña de la lata (ver Figura 15).

Se comienza aplicando cera en la parte superior de la lata, antes de proceder al formado del cuello, la lubricación es fundamental para facilitar el proceso posterior y garantizar un acabado óptimo, sin defectos.

Para el formado del cuello, se reduce el diámetro de zona superior de la lata para permitir la colocación de una tapa delgada una vez que el líquido haya sido envasado. La máquina Necker cuenta con varias torretas rotativas, cada una equipada con cilindros o ejes ubicados a ambos lados de la lata, estos componentes controlan el posicionamiento y el formado del cuello. Cada torreta puede albergar hasta 14 ejes, lo que permite un proceso eficiente y preciso.

La pestaña se forma en la parte abierta de la lata, con el objetivo de crear una orilla doble que se junta y se sella con la tapadera al momento de ser colocada por las envasadoras (Belvac, s. f.).

*Figura 15 Necker.*



*Fuente: (Belvac, s. f.).*

El equipo necker cuenta con sistemas de inspección, la revisión de las latas se lleva a cabo mediante dos sistemas automatizados. El primero es un probador de luz, conocido como light tester, que detecta la presencia de agujeros, un defecto denominado pin hole en inglés. Esta verificación se realiza en cada lata que sale de la máquina, utilizando una fuente de luz que se proyecta en el interior de las latas. El segundo sistema es un equipo de inspección por video, llamado Vission Test, que examina el cuerpo y la pestaña de cada lata en busca de anomalías, como golpes o partículas internas (ver Figura 16), de igual manera se puede llegar a identificar si hay alguna lata con etiqueta diferente o bote brillante (ver Figura 17). Cuando alguno de estos equipos identifica un defecto, guarda la información y la lata es retirada automáticamente de la línea de producción mediante un mecanismo de aire comprimido.

*Figura 16 Defecto identificado*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

*Figura 17 Bote brillante identificado.*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

### 2.4.3.9 Palletizado

Cuando el proceso de fabricación de las latas termina, pasan al área de palletizado, en la cual se acomodan las latas en pallets, los cuales varían en cantidad e hileras estibadas de latas dependiendo del tamaño de la lata fabricada (ver Tabla 1), en esta parte del proceso se posiciona cada hilera de latas sobre una tarima y con ayuda de cilindros de plástico que sujetan a la lata la colocan sobre el entrepaño (ver Figura 18), una vez completados los niveles se coloca un marco en la parte superior para poder estibarlas en el almacén.

*Tabla 1 Tamaño y cantidad de latas por pallet*

| Presentación | # latas por hilera | # de niveles | # latas por pallet |
|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 11.15 oz     | 389                | 22           | 8558               |
| 12 oz        | 389                | 21           | 8169               |
| 12 oz lean   | 517                | 16           | 8272               |
| 16 oz        | 389                | 16           | 6224               |

*Fuente: Elaboración propia.*

*Figura 18 Oficinas industriales.*



*Fuente: (Acuña, 2020).*

#### **2.4.3.10 Verificado**

La parte final del proceso productivo es la verificación del producto terminado, la cual es realizada el responsable de control de proceso, esta se hace por medio de muestreo en el que se verifican visualmente los pallets y se hace una prueba de exposición de metal para verificar que el barniz interior y exterior hayan sido aplicado correctamente, posterior a ello, si el lote cumple con los requerimientos establecidos, se coloca la etiqueta este es el último punto de trazabilidad del producto ya que contiene la información del producto, cliente y de la empresa. Finalmente se coloca una cinta flejadora la cual sirve para amarrar todos los niveles de los pallets y se envuelve con plástico para su disposición final (ver Figura 19), en caso de que se encuentren defectos, se manda a scarp o recuperación.

*Figura 19 Pallets aceptados.*



*Fuente: (Colección imagen fotográfica propia, 2025).*

#### **2.4.4 Áreas auxiliares y de servicio**

Estas áreas son fundamentales para el correcto funcionamiento de la línea de producción, ya que brindan servicios esenciales, tanto directos como indirectos. Por ejemplo, el suministro de aire comprimido constituye un servicio directo, cuyo fallo en este sistema detendría inmediatamente la producción. Por otro lado, áreas como las oficinas administrativas ofrecen un apoyo indirecto, proporcionando información y planificación del personal para la operación, aunque no intervienen de manera directa en el proceso productivo.

#### **2.4.4.1 Área de gas LP**

El gas se utiliza principalmente para operar las líneas de producción, específicamente en el horno de secado de la lavadora de latas, la caldera que genera agua caliente para la lavadora, los dos hornos de secado de tintas y barniz, y el horno IBO para el secado del barniz interior.

#### **2.4.4.2 Área de compresores**

El sistema de generación de aire comprimido cuenta con cuatro compresores: dos de ellos tienen una capacidad de 350 caballos de fuerza y producen 1,875 pies cúbicos de aire por minuto cada uno, mientras que los otros dos tienen potencias de 125 y 100 caballos de fuerza, generando 680 y 550 pies cúbicos por minuto, respectivamente.

#### **2.4.4.3 Sistemas de refrigeración**

El refrigerante utilizado es una mezcla de agua suave y aceite sintético, conocida como soluble. Este sistema de enfriamiento consta de un tanque de refrigerante sin filtrar (tanque sucio), donde el soluble es bombeado hacia un filtro de 7 placas. En este filtro, el refrigerante pasa a través de un medio filtrante de papel, eliminando impurezas, y luego el soluble filtrado se dirige a un tanque de refrigerante limpio. Desde allí, se bombea de nuevo a la maquinaria para cumplir su función de enfriamiento.

Una vez que el refrigerante ha circulado por las máquinas, se recolecta en un tanque de almacenamiento llamado sump tank. Posteriormente, se bombea de regreso al tanque sucio para reiniciar el ciclo de filtrado.

Enfriador de agua-soluble:

Para asegurar que el soluble extraiga eficientemente el calor de las máquinas, se hace pasar por un intercambiador de calor agua-aceite antes de ser enviado a la maquinaria. Este proceso garantiza que el soluble alcance una temperatura máxima de 41 grados Celsius, optimizando su capacidad de absorción de calor.

#### **2.4.4.4 Talleres de apoyo al proceso**

Dentro de la plata existen talleres de apoyo al proceso productivo, que complementan y apoyan en diferentes partes del proceso.

Área de Tool room: encargado de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la herramienta que utilizan las Body Makers, con el objetivo de alargar la vida útil de las mismas ya que se desgastan con gran frecuencia.

Taller de mantenimiento: corresponde al Departamento de Mantenimiento, en este espacio se realizan labores propias del mantenimiento.

Taller de Back End: encargado de realizar el mantenimiento a tinteros de las impresoras y a los equipos del área de Back End.

#### **2.4.4.5 Servicios de energía**

Es importante tener identificados los servicios y recursos que proporcionan la energía dentro del proceso, en razón de que después del aluminio es lo más costoso y fundamental para la fabricación de latas.

##### **2.4.4.5.1 Energía eléctrica**

La energía eléctrica es suministrada por un generador local, el cual proporciona tres líneas de tensión con un voltaje nominal de 13,800 voltios. La planta dispone de una subestación eléctrica equipada con dos transformadores de 500 kilovoltamperios (kVA). El consumo mensual de energía es de aproximadamente 1,680,000 kilowatt-hora (kWh).

El consumo energético puede ser calculado utilizando la siguiente fórmula: kilowatt-hora consumidos divididos por cada millar de latas producidas.

##### **2.4.4.5.2 Gas LP**

El gas es un recurso fundamental para el proceso, pues es utilizado en los hornos del proceso, para el área de lavadoras en el horno encargado del secado, el horno de UV, los hornos del área de impresoras destinados al secado de tintas y barniz exterior, el horno IBO para el secado de barniz interior y finalmente calentar la caldera utilizada en el proceso de lavado.

El consumo mensual de gas ronda los 50,000 galones. Para medir este consumo, se utiliza un indicador que calcula los millones de unidades térmicas británicas (BTU) por cada millar de latas producidas.

#### **2.4.4.5.3 Agua**

Este recurso es muy importante, principalmente para el proceso de lavado y tratamiento químico, con un consumo aproximado de 10,000 metros cúbicos al mes. Se monitorea el consumo de agua para evitar desperdicios y promover prácticas responsables con el medio ambiente.

Una vez que el agua es utilizada en el proceso de lavado, se dirige a una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la misma instalación. Este tratamiento es esencial para garantizar que no se liberen agentes contaminantes, como aceite lubricante, soluble, soluciones químicas y partículas de aluminio, en los cuerpos de agua cercanos.

#### **2.4.4.6 Área de compactado**

Durante el proceso de producción lamentablemente existe un constante desperdicio o scrap, dado que los equipos desechan las latas con defectos de cada área de manera inmediata o posteriormente cuando llegan a el área de verificado y se observan los defectos se deben mandar a scrap o ser detenido el producto, con el fin de cumplir con los estándares de calidad establecidos.

Para un mejor manejo del espacio en almacenes y orden en planta es necesario que se compacte de manera inmediata todo el producto que es merma o scrap directamente, para cumplir con esto se utiliza una maquina compactadora que se encuentra conectada a un sistema de vacío, que conecta a toda la planta a través de tuberías exclusivas para el manejo de scrap, con diferentes zonas de recolección en las áreas que generan mayores desperdicios, con el fin de que las latas defectuosas salgan del proceso y se compacten de manera inmediata.

## **2.5 Defectos**

Según Polesky, 2006 “*Un defecto es una no conformidad de una de muchas posibles características de calidad de una unidad que puede provocar insatisfacción del cliente*” Tomando en cuenta esta definición, podríamos mencionar que, en el giro empresarial de las latas, los defectos son aquellos incumplimientos de calidad que ponen en riesgo la imagen y calidad del producto final. Con esto se genera una correlación entre defectos y merma. (Polesky, 2006)

### **2.5.1 Merma**

Se puede definir a una merma como aquella cantidad contable que representa la pérdida de recursos durante un proceso productivo.

Es importante tener un control de la producción para poder medir las pérdidas o ganancias y de esta manera cuantificar el coste de las mismas, así como una correcta identificación de las principales áreas críticas o causas de merma en el proceso.

Al ser una industria que produce bienes, generalmente los desperdicios o defectos que producen las mermas son debido a errores humanos, fallas técnicas, un mal uso de las maquinarias, tiempos muertos, errores en el establecimiento de estándares o parámetros y una mala planeación de la producción. (Torres, 2023).

### **2.5.2 Principales defectos en las latas**

Los defectos pueden clasificarse según el área donde se originan, generalmente son críticos y comprometan a la producción y a la calidad estandarizada por los clientes, produciendo problemas ya sea dentro de la misma planta en diferentes áreas del proceso o bien, cuando se encuentran en las plantas productivas de los clientes generándoles mermas y problemas en las líneas productivas.

### 2.5.2.1 Área Front End

**Golpe de trimmer** Dos líneas horizontales en la pared baja.

*Figura 20 Golpe de trimmer*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe en nariz de domo** Dos líneas marcadas en la nariz del domo

*Figura 21 Golpe nariz de domo.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Guías de descarga de trimmer** Una línea horizontal en la pared baja

*Figura 22 Golpe guías de descarga trimmer.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe en el domo** Marca del punzón en el domo de la lata

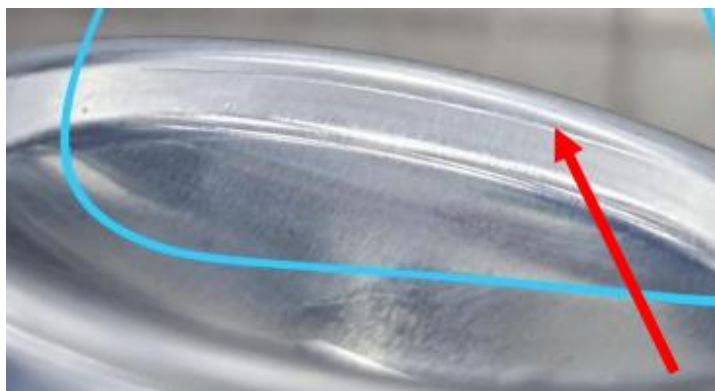
*Figura 23 Golpe en el domo.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Fractura de domo** Se siente un escalón o relieve con la uña al pasarlo por la fractura

*Figura 24 Fractura de domo.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe en la pared alta** Dos líneas cerca de la boca del bote. Es un golpe de afuera hacia adentro

*Figura 25 Golpe en pared alta.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Arruga de cuello** Pared alta fuera de parámetros de espesor lo que genera la arruga en el formado del cuello y pestaña

*Figura 26 Arruga de cuello.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

### 2.5.2.2 Área Lavadoras

**Golpe de la hold down o transfer** Dobleces en la boca del bote.

*Figura 27 Golpe de la hold down o transfer.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Lavadoras secuencia** Puntos o línea corrida en la pared inversa del domo, generando exposición de metal en el domo del bote

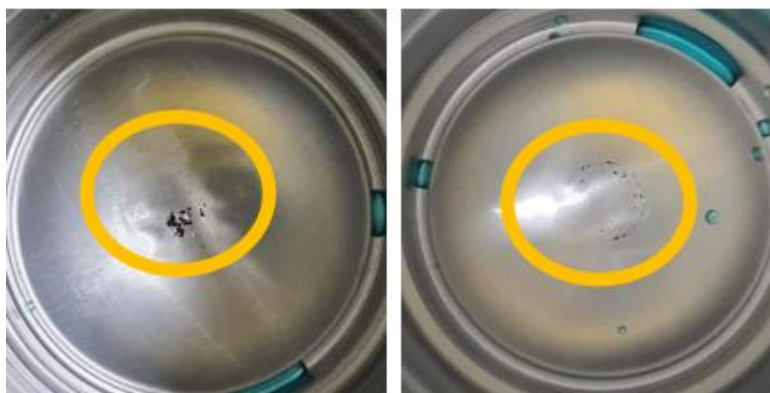
*Figura 28 Lavadoras secuencia*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Anillo de Sal** Mal enjuague generando un círculo en el domo

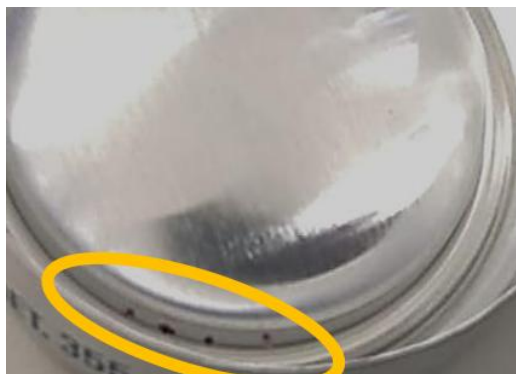
*Figura 29 Anillo de sal*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Solvent Wash** Puntos bien definidos en la pared inversa del domo con la misma separación, por un mal lavado del solvente

*Figura 30 Solvent Wash*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

### 2.5.2.3 Área Impresoras

**Golpe de cepillos** Es un golpe que va de afuera hacia adentro; se ve “sumido”

*Figura 31 Golpe de cepillos*



*Fuente:(Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de transferencia** Mal ajuste de los pernos de transferencia causando que se golpea con una placa de metal de la transferencia, entre la cadena y la rueda.

*Figura 32 Golpe de transferencia*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Mandriles** Puntos pequeños en la parte inferior, con patrón de esparado causando exposición de metal

*Figura 33 Mandriles*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Cadena de Pernos** Grasa en el interior del bote / Puntos grandes en el interior del bote, causando exposición de metales

*Figura 34 Cadena de pernos.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Mala aplicación de barniz UV** El rodillo barnizador no cubre la nariz de domo en su totalidad

*Figura 35 Mala aplicación de barniz UV.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Contaminación** Presencia de tintas o manchas que contaminan la etiqueta

*Figura 36 Contaminación.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Variación de tonos** Los colores no son los autorizados por el cliente, afectando la imagen del producto

*Figura 37 Variación de tonos.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Contaminación por barniz exterior** Puntos aleatorios en las paredes o en el domo, los grumos presentan relieve

*Figura 38 Contaminación de barniz exterior*



*Fuent: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de perno en la boca** Ocasionado por algún perno que se encuentre chueco o desalineado, ya que al tomar el bote lo golpea con su capuchón y la boca se dobla

*Figura 39 Golpe de perno en la boca.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de perno en el domo** En la cadena de pernos hay pernos que se encuentran chuecos

*Figura 40 Golpe de perno en el domo.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Tallón en el bote** Causado porque el horno se saturó de bote caído. Ocasionando que cada que pase un bote por la zona afectada lo talle.

*Figura 41 Tallón en el bote.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de perno** Es un golpe de adentro hacia afuera generado por un perno chueco

*Figura 42 Golpe de perno.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

#### 2.5.2.4 Área Espreadoras

**Golpe de espreadoras** Línea horizontal pequeña o grande en la pared baja del bote.

*Figura 43 Golpe de espreadoras.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe por mal deslizamiento en guías** Se genera bote ovalado y con mala o nula aplicación de barniz, la lata se frena y no se desliza adecuadamente por las guías, por lo que se sale de tiempo el disparo y a su vez se golpea.

*Figura 44 Golpe por mal deslizamiento en guías.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Contaminación de barniz interior** Puntos aleatorios que presentan relieve

*Figura 45 Contaminación de barniz interior.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Burbujas de barniz interior** La exposición se presenta en la nariz del domo, en las burbujas reventadas

*Figura 46 Burbujas de barniz interior.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Mal esparado** La exposición se presenta de manera de esparado.

*Figura 47 Mal esparado.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

#### 2.5.2.4 Área Back End / Necker

**Golpe por alcance por necker** Se presenta un círculo marcado en la parte baja. Se puede ocasionar debido a la velocidad y/o cortinas en los enfiladores.

*Figura 48 Golpe por alcance.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de atorón** Generado después de un atorón en la descarga de salida

*Figura 49 Golpe de atorón.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de waxer** Mala alineación y posición del bote y guías.

*Figura 50 Golpe de waxer.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe en la pared alta** Mala alineación del bote en y posición del bote antes de la entrada al Light Tester

*Figura 51 Golpe en la pared alta.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe de muelas** Dos golpes marcados a ras de domo, causado por una mala posición de la lata al entrar a light tester

*Figura 52 Golpe de muelas.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Cera negra** La cera aplicada en el proceso de formado se contamina por constante uso y al no ser cambiada con regularidad genera una contaminación interna y externa en la lata.

*Figura 53 Cera negra interna.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

### 2.5.2.5 Área Palletizado

**Golpe del dedo palletizador** Golpe en el domo del bote, el golpe se encontrará por columna en el pallet.

*Figura 54 Golpe de dedo palletizador.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Tallón de dedos de palletizador** Raspa el bote en la pared baja, en la misma posición

*Figura 55 Tallón de dedos palletizadores*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

### 2.5.2.6 Área Transportes

**Bote con tallones de guías** Líneas visibles en el bote a la altura de las guías de los transportes

*Figura 56 Bote con tallón de guía.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Golpe por revolvedora** Al venir de la revolvedora, el golpe no presenta tinta en algunas zonas, ya que se golpea provocando que no haga contacto al 100% con la mantilla.

*Figura 57 Golpe de revolvedora.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

**Cascada** Golpe de alcance que se da por un mal ajuste de las presiones de aire de la revoladora, del track, porque se requiere limpieza o por una mala movilidad.

*Figura 58 Cascada.*



*Fuente: (Cortesía de Envases Universales, 2025)*

## 2.6 Áreas de riesgo

Es importante realizar la identificación de las áreas dentro del proceso que se consideran de alto riesgo para la calidad del producto y por consiguiente son las que lideran en producción de mermas, estas áreas son críticas y se deben monitorear constantemente para reducir y regular la generación de mermas, así como los costos que conllevan por ser un producto no conforme.

Mediante el desglose de áreas de producción en operaciones unitarias, las cuales se pueden definir como la secuencia de un proceso en el cual se generan cambios físicos o químicos, que conforman el proceso productivo.

Para el proceso productivo de latas podemos considerar las siguientes áreas con sus correspondientes operaciones unitarias.

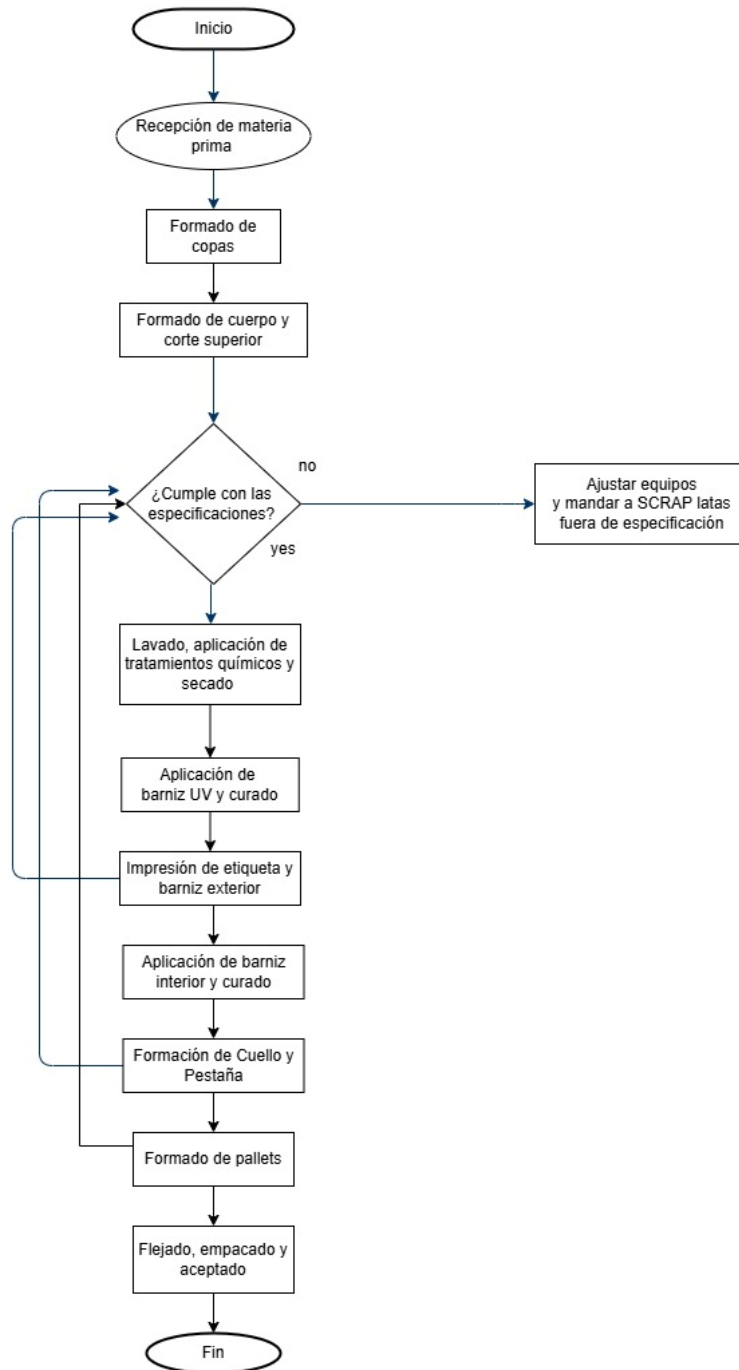
- Recepción de Materia Prima
- Formado de copas
  - Creación de copas por estación
- Formado del cuerpo (Front End)
  - Formado del cuerpo del envase por Body Maker
  - Recortar orilla superior del envase
- Lavadoras
  - Prelavado
  - Lavado químico
  - Tratamiento con zirconio
  - Lavado con agua desmineralizada
  - Aplicación de aditivo de movilidad
  - Secado
- Impresoras
  - Barnizado UV del domo
  - Curado del barniz UV en horno
  - Impresión de la etiqueta
  - Aplicación de barniz exterior
  - Curado del barniz exterior en horno PinOven
  - Detección de defectos o contaminación en la etiqueta

- Espreadoras
  - Aplicación de barniz interior
  - Curado de barniz interior en horno IBO
- Necker (Back End)
  - Formado de cuello y pestaña
  - Detección de Pin hole o bote brillante
- Palletizado
  - Formado de pallets
- Verificado
  - Flejado y empacado

Para una presentación de las operaciones unitarias identificadas en el proceso, se realiza la esquematización mediante un diagrama de flujo, con la relación de puntos de inspección presentes en el proceso.

Figura 59 Diagrama de flujo de operaciones unitarias en el proceso de fabricación de latas de aluminio

**Diagrama de flujo de operaciones unitarias en el proceso de fabricación de latas de aluminio**



Fuente: Elaboración propia.

### **2.6.1 Operaciones Unitarias Críticas**

Son aquellas operaciones que generan repercusiones negativas en la producción, economía o medio ambiente, en base a esas consideraciones y la previa identificación de las operaciones unitarias del proceso productivo, podemos establecer los siguientes criterios para la identificación y evaluación de las operaciones unitarias críticas.

- Cantidad de merma por área
- Costos por disposición de merma
- Cantidad y costos por energía utilizada en el proceso
  - Gas LP
  - Electricidad
- Cantidad y costos por recursos utilizados en el proceso
  - Aceite lubricante
  - Aceite hidráulico
  - Aceite soluble
  - Agua
  - Aluminio
  - Solución química
  - Agua desmineralizada
  - Barniz UV
  - Tintas
  - Barniz exterior
  - Barniz Interior
  - Cera Necker
  - Tarimas
  - Entrepaños
  - Marcos
  - Fleje
  - Vitafilm
- Costos unitarios de fabricación
- Precio unitario de venta

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA (OPCIÓN C: INVESTIGACIÓN DE INTERVENCIÓN)**

#### **3.1 Descripción del objeto de estudio**

El objeto de estudio del presente trabajo corresponde a la producción mensual de una empresa dedicada a la fabricación de envases de aluminio, con un enfoque particular por el PNC (Producto No Conforme) o mermas resultantes de la producción, que corresponden a todo el producto no aceptado para su venta, es decir, que no cumple con los estándares internos de calidad establecidos para ser entregado al cliente.

Existen diferentes tipos de PNC con base en la clasificación interna de la empresa, siendo los siguientes:

- **Detenido:** El producto final contiene unidades por pallet que no cumplen con los estándares internos de calidad, por lo que se debe retener y seleccionar, pero no se destruye de manera inmediata.
- **PBS:** Producto Bueno Sobrante, unidades que cumplen con los estándares internos de calidad, pero, no pueden ser entregados al cliente puesto que tienen una cantidad menor de unidades por pallet a las aceptadas, son almacenados y no se destruyen.
- **SCRAP:** Todas las unidades del pallet no cumplen con los estándares internos de calidad, se destruye inmediatamente.

Considerando lo anterior, se analizan datos del registro histórico de la empresa correspondientes a la producción mensual en un periodo de tiempo de 8 meses del año 2024, con la finalidad de analizar el comportamiento de las mermas en la producción se segmentan los datos en áreas que producen mayor PNC, grupos de trabajo con mayor PNC, meses que han tenido más PNC o un porcentaje de merma mayor, principales defectos en la producción y comparativa de mermas vs producción en cada mes.

Con base en los presentes datos de producción, se generan los costos correspondientes a materia prima por unidad, mano de obra, maquinaria y su depreciación anual, servicios, costo por desecho del PNC, costos por unidades recuperables e irrecuperables.

Analizando los datos del registro, con la finalidad presentar una alternativa de solución que apoye en la disminución de manera progresiva el PNC mensual, esto mediante una reincorporación de dicho producto al proceso productivo, puesto que, aunque existen productos que se destruyen de manera inmediata, es mayor la cantidad de producto que puede clasificarse y concluir con el ciclo de venta, reduciendo los gastos por desecho y generando una ganancia de los productos que ya tuvieron intervención en el proceso.

### **3.1.2 Selección del grupo**

La muestra fue seleccionada previo a los registros históricos, mediante un promedio aproximado del PNC generado de manera mensual, esto considerando si es producto recuperable para su reincorporación al proceso los cuales serían los productos *detenidos* y PBS o no recuperable que son los productos clasificados como SCRAP que deben ser desechados de manera directa.

Para la determinación del tipo de PNC al que corresponden los productos actualmente no existe un estándar o formato de apoyo que establezca los lineamientos de clasificación, únicamente el criterio del empleado a cargo de la inspección del producto final es el que determina si es un producto que cumple con los estándares internos de calidad para ser aceptado o en caso contrario si se encuentra alguna anomalía que represente una desviación en la calidad del producto realiza la selección de qué medida es la apropiada para la retención del problema.

Si es un defecto que comprometa de manera directa la calidad e imagen de la empresa y que sea mayor al 50% de producto total debe ser remitido a SCRAP para su destrucción, en caso de que el producto contenga defectos menores y sea una cantidad menor al 50% de producto total debe ser *detenido* y tiene posibilidades de ser reincorporado al proceso previo a una clasificación y la última medida de retención, es si el producto final llega a contener una cantidad de unidades menor a las establecidas para la venta, por lo que deberá ser clasificado como PBS, este producto no contiene defectos y puede ser reincorporado de manera directa sin necesidad de una clasificación.

### **3.1.3 Selección y elaboración de instrumentos**

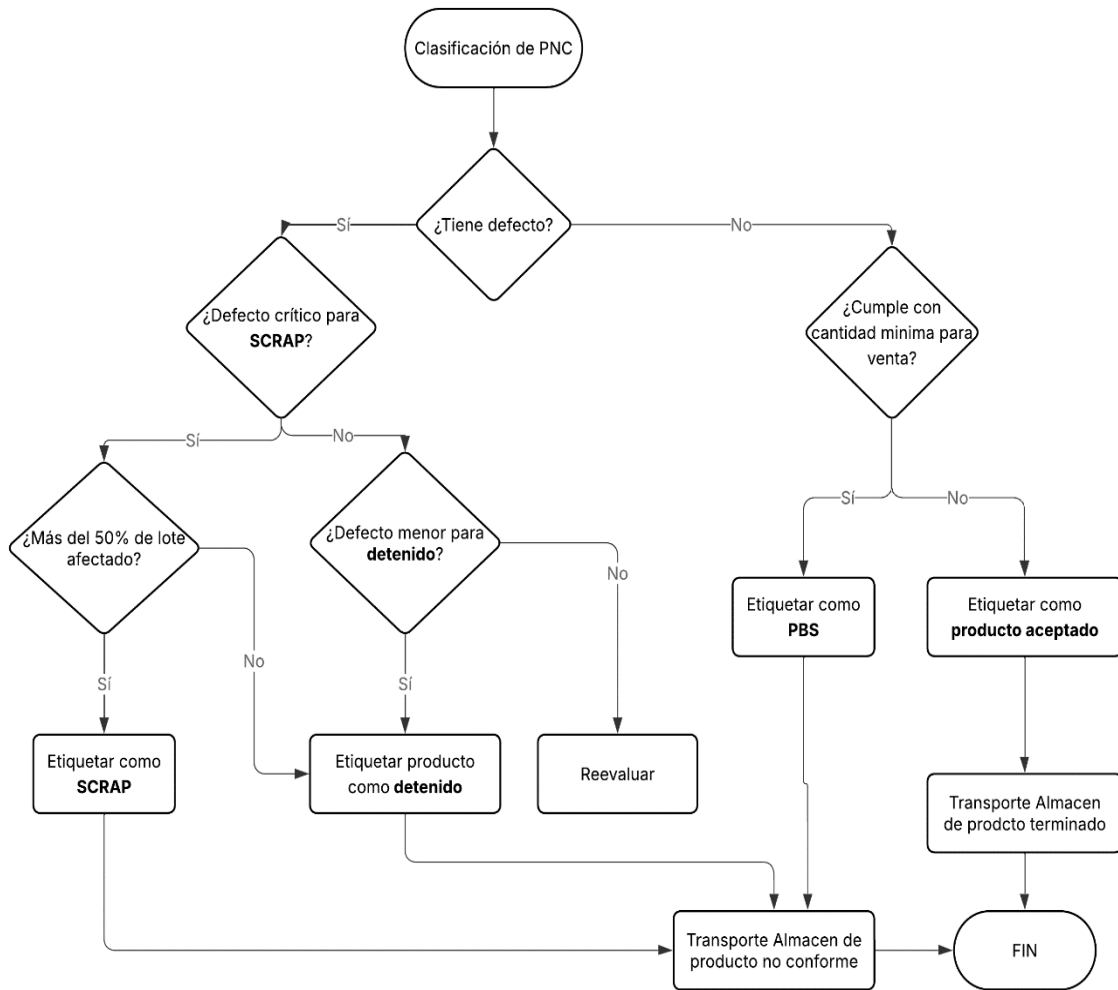
Es importante establecer una herramienta que estandarice el proceso de selección de PNC y apoye al empleado para determinar de manera correcta qué tipo de PNC es el que debe seleccionarse. La estandarización del proceso garantiza que todos los involucrados utilicen los mismos parámetros para evaluar los PNC, eliminando ambigüedad en el proceso y reduciendo los márgenes de error, con base en criterios establecidos se eliminan las inconsistencias en la toma de decisiones por parte del personal. De esta manera, se tiene una correcta selección del PNC y en su momento facilita la reincorporación al proceso.

Por ello, se propone la implementación de un Formato de Clasificación de PNC (FC-PNC) diseñado para brindar orientación a los colaboradores, basándose en criterios predefinidos y estandarizados, que contribuye a agilizar las acciones de selección y control del PNC, considerando los defectos más críticos que comprometen de manera directa la calidad del producto final. El formato a utilizar se muestra a continuación en la Figura 61.

Adicionalmente, la implementación de este formato, contribuye a la trazabilidad y al control documental, debido a que cada decisión quedará respaldada por número de etiqueta y llevará la firma de los responsables. Esto no solo facilitará las auditorías internas y externas, sino que también sentará las bases para un proceso de mejora continua al permitir el análisis histórico de los defectos más recurrentes y sus causas raíz.

Como parte de entender el proceso, en la Figura 60 se ilustra el diagrama de flujo del proceso antes descrito.

Figura 60 Diagrama de flujo de clasificación de PNC



Fuente: Elaboración propia.

Figura 61(FC-PNC / Primera edición) Fecha de elaboración 01/08/2025. Departamento de Calidad.



**FORMATO DE CLASIFICACIÓN DE PNC (PRODUCTO NO CONFORME)**

**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Turno:** \_\_\_\_\_ **Inspector:** \_\_\_\_\_ **Número de empleado:** \_\_\_\_\_

**Diseño:** \_\_\_\_\_ **Línea:** \_\_\_\_\_ **Lote:** \_\_\_\_\_

**TABLA DE CLASIFICACIÓN**

| Categoría       | Defectos   | Acción                   | Requisitos                                     | # Etiqueta           |
|-----------------|--|--------------------------|--|----------------------|
| <b>SCRAP</b>    | <input type="checkbox"/> Contaminación interna<br><input type="checkbox"/> Golpes graves<br><input type="checkbox"/> Contaminación en etiqueta (crítica)<br><input type="checkbox"/> Fuera de tamaño<br><input type="checkbox"/> Sin barniz interior/exterior<br><input type="checkbox"/> Sin filtro UV  | Destruir                 | >50% del lote afectado o defecto irreversible. | SC_____              |
| <b>DETENIDO</b> | <input type="checkbox"/> Cera negra (residuos superficiales)<br><input type="checkbox"/> Arruga de cuello (deformación leve)<br><input type="checkbox"/> Contaminación menor en etiqueta (manchas pequeñas)<br><input type="checkbox"/> Variación de tonos en etiqueta (color no uniforme)<br><input type="checkbox"/> Golpes menores (sin afectar funcionalidad)<br><input type="checkbox"/> Mal empaquetado (anidado incorrecto)<br><input type="checkbox"/> Producto mezclado (etiqueta incorrecta) | Reinspección y reproceso | <50% del lote afectado o defectos corregibles. | <b>DEFECTO</b> _____ |
| <b>PBS</b>      | <input type="checkbox"/> Cantidad insuficiente (producto en perfecto estado)   | Reintegrar               | Sin defectos.                                  | <b>PBSS</b> _____    |

**SC: Nomenclatura de inicio SCRAP**

**PBSS: Nomenclatura de inicio PBS (Producto Bueno Sobrante)**

Firma Inspector: \_\_\_\_\_ Firma Supervisor: \_\_\_\_\_

### 3.1.4 Aplicación de instrumentos

Esperando mejorar el análisis y selección de los FC-PNC (Figura 61) generados en la producción mensual de la empresa, se propone la implementación de un FC-PNC (Figura 61) estandarizado durante el proceso final, que sirve como herramienta clave en la toma de decisiones durante la inspección de calidad y previene una disposición incorrecta, de igual manera fundamenta la cantidad de merma obtenida del proceso productivo y los principales defectos que se identifican y contienen.

Al no contar con una estandarización de los lineamientos que determinan el PNC, este proceso se sujeta al criterio del inspector, lo que podría generar inconsistencias en clasificación al tener productos "*detenidos*" marcados como "SCRAP" o viceversa, lo que se entiende como una pérdida económica e ineficiencias al intentar reprocesar productos que no cumplen con lo mínimo requerido.

Por lo anterior se determina que la aplicación del FC-PNC (Figura 61) y su seguimiento serán en tres etapas que integran al proceso de inspección de los pallets.

- I. **Inspección:** Se realizan auditorías visuales de cada pallet antes de ser aceptado, en caso de observar anomalías en alguna unidad, se procede a una inspección detallada de por lo menos 20 unidades aleatorias para determinar si es necesaria la aplicación del formato.

En caso de ser aplicable el inspector, debe completar los datos básicos correspondientes a Fecha, Lote, Turno, Diseño, línea e inspector y con apoyo del diagrama de flujo evalúa el producto, con base en el siguiente criterio.

*¿Tiene defectos?* Si es SÍ, verifica la lista de defectos críticos (*SCRAP*).

- *¿Afecta a más del 50% del lote?* Se determina si se destruye (*SCRAP*) o se retiene (*Detenido*).
- *¿Cumple con la cantidad mínima?* Se clasifica como *PBS* si no hay defectos.

- II. **Documentación y trazabilidad:** Es necesario que cada decisión sea registrada en el formato de manera clara, sin tachones o borraduras, con especial atención en:

- Número de etiqueta único para rastreabilidad.

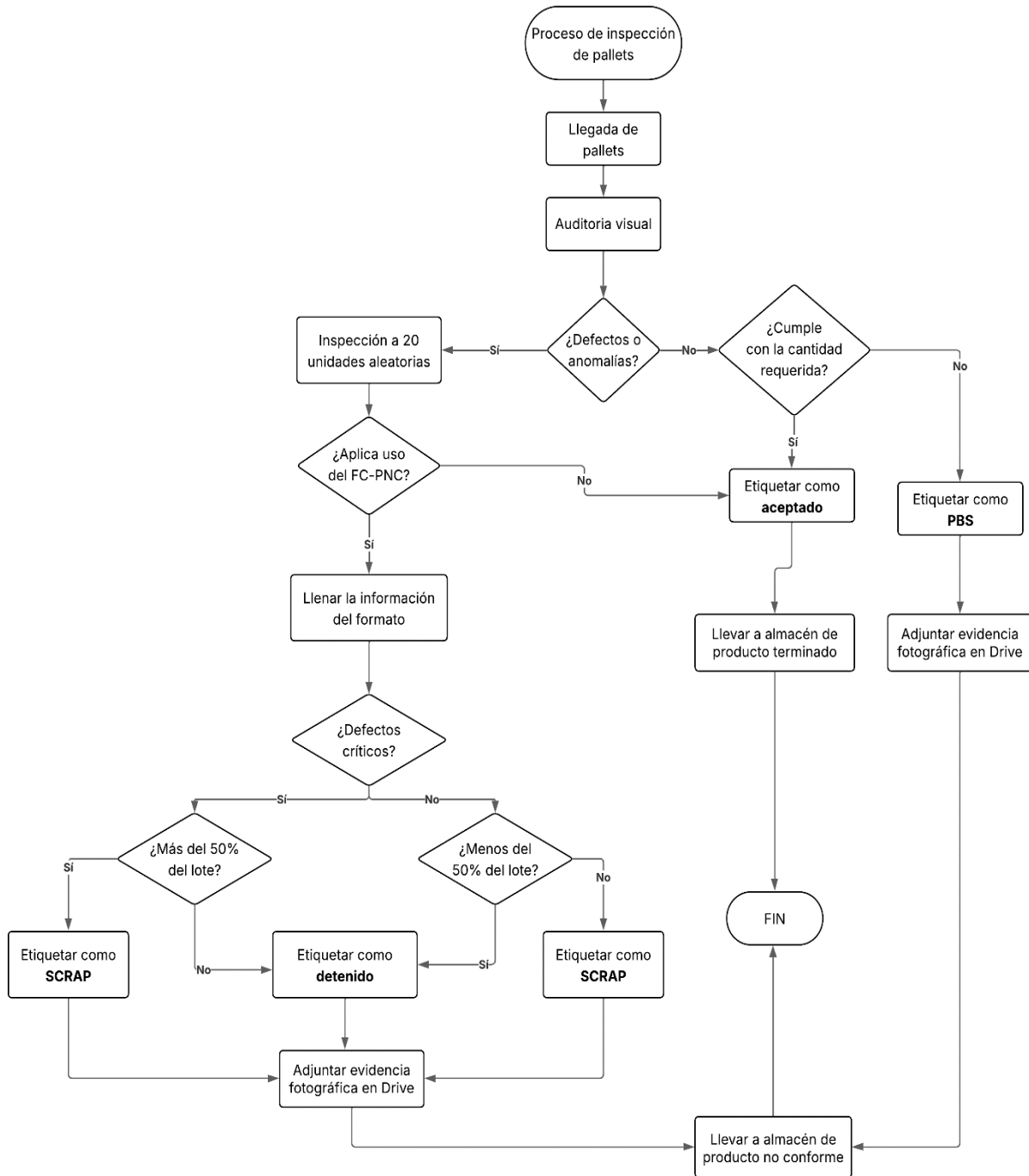
- Diseño.
- Firma del inspector y supervisor para validación.
- Fotos adjuntas en drive del defecto encontrado para evidencias visuales y posterior análisis.

**III. Análisis continuo y mejora:** Los datos recolectados permiten identificar las tendencias de defectos y clasificarlas por turno, línea, diseño e inspector; de esta manera generar reportes mensuales para ajustar procesos y analizar la merma que se produce por cada mes o periodo de tiempo de manera óptima, con esto se procede al cálculo de los costos por reincorporación de *detenidos/PBS* y por desecho.

Con lo anterior es posible determinar que la estandarización no solo resuelve un problema operativo inmediato, sino que, sienta las bases para un modelo de calidad sostenible, al tener una clasificación de PNC correcta y objetiva que justifique el porqué de las mermas, con lo que se beneficia la toma de decisiones basadas en datos y no en subjetividades, reducción de costos asociados a mermas innecesarias y genera un fortalecimiento de auditorías de calidad, mejorando de esta manera la recolección de datos para su posterior análisis.

Por lo anterior, se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de decisión antes descrito, por lo que en la Figura 62 se visualiza del inicio al final todas las operaciones y decisiones a tomar.

Figura 62 Diagrama de flujo del Proceso de inspección de pallets



Fuente Elaboración propia.

### **3.1.5 Recopilación de datos**

Los datos serán recopilados con apoyo del SPC que lleva un control de la información de producción diaria en la empresa, así mismo dichos datos pueden ser descargados en formato de hoja de cálculo de Excel para su mejor análisis, es importante que esta información sea verídica, en especial la referente a mermas o productos no conformes resultado del proceso productivo. Los valores obtenidos deben ser cotejados con la información que se genera diariamente acerca de producto terminado aceptado y producto no conforme, en caso de existir variación debe ser aclarada para evitar datos erróneos de producción.

La información final, cotejada y asegurada se presenta en el “Reporte diario de producción” que es proporcionado a el personal de la empresa, en ese reporte se presenta información correspondiente a la fecha, producción por líneas, PNC, mermas y remanentes de mermas; por ello, el principal apoyo para la recopilación de datos será el “Reporte diario de producción”.

Posterior a tener el historial de producción de la empresa correspondiente a los meses en los cuales los valores obtenidos fueron cotejados y asegurados por la parte administrativa y productiva, serán considerados para un mejor análisis y comparativa de producción PNC por cada mes, producción por línea y PNC generado, mermas y remanentes; en caso de existir una disminución en PNC y en mermas mensuales se debe investigar qué acciones fueron implementadas en el proceso para la disminución de defectos en producto terminado. Si por el contrario existió un aumento es importante analizar los meses con un incremento significativo de mermas en los cuales se deberá analizar los principales defectos que generaron el aumento de PNC, tales defectos podrían definirse como críticos, puesto que no cumplen con los estándares de calidad para ser enviados con los clientes, y con ello identificar las áreas de riesgo que lideran la producción de PNC. De igual manera con la información seccionada por día es posible realizar análisis referentes a los turnos y grupos con mayor PNC, de esta manera proponer cambios en el organigrama en caso de ser necesario.

Es importante señalar que la información se encuentra generalizada y será necesario para un mejor análisis realizar tablas y gráficos que apoyen a su entendimiento y análisis de manera directa para el público en general, evitando que solo un grupo de personas con conocimientos previos del proceso puedan entender e interpretar la información.

Se espera sintetizar la información general de los valores referentes a la producción en un promedio ponderado, correspondiente al histórico de información de la empresa, para establecer un valor aproximado de producción que fije cantidades para el análisis, es importante que PNC sea desglosado en cada clasificación (*SCRAP*, *detenido* y *PBS*) puesto que sirve para determinar la clasificación que lidera el PNC, porcentaje de mermas y la línea productiva que genera más PNC en el proceso en comparación con la producción. Con esto, se espera que la recolección de datos sea idónea para realizar análisis cuantitativos, comparativas, representación de datos en gráficos y tablas.

### **3.1.6 Análisis de datos**

Para el análisis de datos se espera aplicar una metodología de estadística descriptiva, puesto que ayuda a presentar los valores obtenidos de modo tal que sean simples e interesantes al utilizar gráficos que permiten detectar tanto las características principales, así como las inesperadas. Explorar los datos, debe ser la primera etapa de todo análisis de datos y por ello se debe seccionar de manera correcta, al trabajar con valores numéricos discretos puesto que aparecen por conteo, al utilizar herramientas gráficas para poder apreciar los datos como un todo e identificar sus características particulares, en estos meses con mayor PNC, línea productiva con mayor PNC, defectos recurrentes, áreas críticas, entre otros.

El tipo de gráfico a seleccionar para cada dato o categoría a analizar depende de la variable, al tener valores con distribuciones cualitativas el modo más sencillo de representación es un gráfico de barras ya sea simple o combinadas, a cada categoría de la variable se le asocia una barra cuya altura representa la frecuencia, por ello, es sencillo tener una interpretación para los datos que se trabajan. De igual manera, el gráfico de pastel que representa la frecuencia relativa de cada categoría como una porción de un círculo, es muy simple y permite comparar la distribución de una variable en dos o más grupos, este gráfico cumple la misma función

que el grafico de barras, solamente de manera visual podría resultar más atractivo para el lector.

Como complemento de los anteriores gráficos a utilizar, se pretende presentar la información referente a frecuencias con apoyo del polígono de frecuencias, este es un gráfico útil para comparar dos distribuciones de frecuencias, por lo que al ser combinado con otros gráficos nos puede proporcionar de manera visual una mejor interpretación de los valores a lo largo de un periodo de tiempo, que es lo que analizaremos en general. El aumento o disminución de valores de producción y PNC en periodos de tiempo bajo diferentes circunstancias que afectan favorecen a los valores (Orellana, 2001).

Con la obtención de los datos se aplica la metodología mejora continua y sus correspondientes herramientas, que ayudan a mejorar la segmentación, inspección y clasificación. Realizar un gráfico de Pareto para encontrar las áreas críticas en el proceso, diagrama de flujo que describa los procedimientos y comparativas mensuales de los valores de producción y merma, así como el uso del Ishikawa para la identificación de las causas raíces que generan la merma en del proceso.

Posterior a la creación de los gráficos y herramientas de la calidad, se espera generar un análisis de costos que, proporcione información relacionada con materia prima, mano de obra, servicios, maquinaria, por desecho de PNC y reincorporación de producto.

### **3.2 Diseño teórico de la propuesta**

Es necesario establecer el diseño teórico de lo que se planea realizar, en este caso enfocado en el ámbito productivo de la empresa, para identificar y proponer una solución a la problemática relacionada con la merma, las pérdidas y las ganancias de los procesos, con apoyo de un diagrama se presenta un diseño teórico de propuesta estructurado en tres etapas clave: conceptualización, recolección y análisis, y conclusiones, con el objetivo de abordar de manera sistemática las áreas de oportunidad detectadas en el proceso productivo.

A través de un enfoque metodológico, se deberán analizar las causas raíz de los defectos, esperando reducir el PNC y aumentar las ganancias, utilizando herramientas de estadística descriptiva y gestión de calidad como se planteó anteriormente. La propuesta se compone por las etapas que deben considerarse desde observación inicial hasta la presentación de alternativas, priorizando soluciones con impacto financiero y operativo.

Por consiguiente, en la Figura 61 se presenta el diagrama de proceso de las actividades a seguir para la obtención y establecimiento de las posibles alternativas de solución al problema previamente identificado.

Figura 63 Diagrama de proceso del diseño teórico de la propuesta



Fuente: Elaboración propia.

### **3.3 Aplicación de la propuesta**

En la aplicación de la propuesta es importante el uso de herramientas de calidad, puesto que con el uso de las mismas es posible generar alternativas de solución fundamentadas, por ello, se propone realizar un diagrama Ishikawa para determinar las causas-efectos de las mermas del proceso, con ello determinar la principal causa raíz que está afectando al proceso productivo y acrecienta las mermas, con base en dicho problema será más sencillo plantear diferentes alternativas que apoyen en la reducción de mermas.

Por consiguiente, se debe seleccionar la información que será útil, como se presentó anteriormente, la información financiera es fundamental ya que las mermas resultantes del proceso provocan pérdidas excesivas y representan fugas en las ganancias, al desechar un producto que ha tenido una inversión de tiempo y materiales, podemos considerarla como un producto semiterminado, el establecer una alternativa que busque su reincorporación al proceso, es posible reducir los costos de desecho y generar un reingreso económico a la producción, en lugar de solo una pérdida y costos agregados por su desecho.

Considerando lo anterior, se espera plantear escenarios hipotéticos en los cuales se establezcan alternativas de solución relacionadas con la principal causa raíz que se identifique del Ishikawa, estos escenarios serán fundamentados con los datos de costos, pérdidas y posibles ganancias que se obtendrán de llevar a cabo alguna de las alternativas, es importante que de las alternativas generadas se llegue a una conclusión y comparativa, puesto que, no todas las alternativas pueden tener un resultado positivo, al contrario podrían causar un gasto mayor al que actualmente se tiene por el PNC.

Finalmente, para un mejor análisis se debe hacer uso de elementos de apoyo como lo son gráficos y tablas que representen de manera visual las propuestas, con esto, se obtendrán resultados concluyentes de cada una de las alternativas de solución generadas y en caso de ser necesario, los cambios o modificaciones que se identifiquen pertinentes de realizar a cada alternativa serán aplicables de manera directa, puesto que al conocer el proceso productivo y el registro histórico de datos, las propuestas de alternativas de solución tendrán una mayor viabilidad y fundamento.

### **3.4 Resultados**

Para la presentación de los resultados es necesario que se tengan las alternativas de solución previamente desarrolladas, abarcando los puntos más importantes y concluyentes referentes a cada una, además de la presencia de tablas y graficas de apoyo para un análisis de los resultados más fluido y representación visual para una interpretación rápida, esto con el fin de que cualquier persona a la que se le presenten las alternativas de solución pueda comprender y analizar a información ahí reunida y tenga conocimiento de las mismas para dar su opinión. Con esto establecido, se puede proceder a hacer la recolección y comparativa de los resultados esperados en cada alternativa, ya sea de costos versus ganancias, producto perdido versus producto recuperado o tiempo necesario para su puesta en marcha.

#### **3.4.1 Recolección de datos**

Por lo tanto, la recolección de datos debe ser clara para poder generar las alternativas de solución de una manera rápida, fundamentada y con datos asertivos para la empresa, puesto que serán basados en los registros históricos de la misma y se pretenden reducir las pérdidas y merma que generalmente se producen en la empresa. Se desea plantear la posibilidad de tres alternativas de solución a los problemas antes mencionados, bajo diferentes escenarios posibles dentro de la organización, el primero considerando la capacitación del personal ya existente, así como el pago de horas extras para que ese personal posterior a su capacitación sea el encargado de realizar la reincorporación del producto al proceso. La segunda alternativa pretende contratar a personal exclusivo para la reincorporación del producto, que ya tenga un conocimiento previo en identificar defectos de calidad y sea meramente dedicado a estos procesos. Por último, existe la posibilidad de no hacer nada y continuar desechando el producto semiterminado, este escenario igual debe ser considerado y estudiado, con el propósito de saber si realmente no representa pérdidas que afecten a las ganancias como se está suponiendo.

Si bien se pretende elegir la alternativa que presente mayores beneficios económicos a la empresa, existe la posibilidad que la alternativa elegida tenga beneficios en otros ámbitos que impacten de una manera diferente a la empresa, por ello, es necesario realizar el análisis de los resultados y de manera objetiva identificar cual cumple con los fines que busca la empresa y el trabajo previo. Por ello, se deberán presentar los resultados en USD y unidades

de producción referentes a cada propuesta establecida, con ello una conclusión por cada escenario que sintetice la información obtenida y finalmente la conclusión general de la comparativa y resultados, en la cual se mencione la propuesta de solución idónea a elegir para satisfacer los objetivos propuestos.

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Resultados**

La información obtenida de la aplicación del Formato de clasificación de PNC monitorea el proceso de inspección de los pallets y con ello genera información correspondiente al PNC resultante de la producción, se guarda en tablas de Excel que comprenden los datos de producción mensual de la empresa, clasificación de PNC y merma, es desglosada diariamente con el objetivo de mejorar su análisis, al tener un control estandarizado y riguroso del PNC es más sencillo identificar las causas raíces de cada defecto, así como la frecuencia de aparición, el riesgo de ser enviado con los clientes, diseños con mayores defectos, lotes implicados en caso de reclamaciones, línea productiva más riesgosa, turno propenso a defectos e inspectores con mayor cantidad de PNC; dichos valores fueron considerados mediante un redondeo de aproximación con el fin de establecer valores estándar que sirvan para agilizar la elaboración de las tablas y gráficos que se presentan en las siguientes páginas.

Tabla 2 Producción y PNC

| PRODUCCIÓN   | PBS                   | DETENIDO       | SCRAP            | RECUPERADO (LATAS) | PNC            | MERMA DIARIA     | MERMA ACUMULADA | REMANENTE ACUMULADO | MERMA CON REMANENTE |
|--------------|-----------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 10,512,098   | 8,169                 | 47,950         | 16,727           | 62,240             | 72,846         | 0.69             | 0.69            | 10,606              | 0.10                |
| 10,124,080   | 17,224                | 29,278         | 7,238            | 0                  | 53,740         | 0.53             | 0.61            | 64,346              | 0.31                |
| 10,978,052   | 20,163                | 12,448         | 6,224            | 38,825             | 38,835         | 0.35             | 0.52            | 64,356              | 0.20                |
| 10,914,954   | 23,940                | 27,230         | 0                | 68,464             | 51,170         | 0.47             | 0.51            | 47,062              | 0.11                |
| 10,237,304   | 5,170                 | 6,224          | 6,224            | 29,986             | 17,618         | 0.17             | 0.44            | 34,694              | 0.07                |
| 10,652,790   | 16,451                | 8,272          | 58,064           | 59,201             | 82,787         | 0.78             | 0.50            | 58,280              | 0.09                |
| 10,635,066   | 16,727                | 0              | 0                | 6,224              | 16,727         | 0.16             | 0.45            | 68,783              | 0.09                |
| 10,236,858   | 10,503                | 74,894         | 8,272            | 36,177             | 93,669         | 0.92             | 0.51            | 126,275             | 0.15                |
| 10,260,324   | 4,653                 | 34,232         | 23,340           | 54,460             | 62,225         | 0.61             | 0.52            | 435,157             | 0.46                |
| 10,260,712   | 20,680                | 0              | 60,112           | 31,898             | 80,792         | 0.79             | 0.54            | 151,914             | 0.14                |
| 9,908,174    | 23,265                | 0              | 24,896           | 31,020             | 48,161         | 0.49             | 0.54            | 200,075             | 0.17                |
| 9,186,406    | 13,442                | 0              | 18,672           | 8,169              | 32,114         | 0.35             | 0.53            | 224,020             | 0.18                |
| 8,544,474    | 16,968                | 12,448         | 8,272            | 16,338             | 37,688         | 0.44             | 0.52            | 245,370             | 0.19                |
| 8,905,810    | 16,338                | 0              | 0                | 22,951             | 16,338         | 0.18             | 0.50            | 238,757             | 0.17                |
| 9,921,526    | 30,430                | 0              | 29,873           | 0                  | 60,303         | 0.61             | 0.51            | 299,060             | 0.20                |
| 10,071,966   | 7,238                 | 194,512        | 6,224            | 0                  | 207,974        | 2.06             | 0.60            | 507,034             | 0.31                |
| 10,681,724   | 13,590                | 31,040         | 0                | 7,238              | 44,630         | 0.42             | 0.59            | 544,426             | 0.32                |
| 10,240,632   | 24,595                | 17,116         | 8,272            | 5,835              | 49,983         | 0.49             | 0.59            | 588,574             | 0.32                |
| 10,095,272   | 18,263                | 43,568         | 0                | 20,213             | 61,831         | 0.61             | 0.59            | 630,192             | 0.33                |
| 10,782,728   | 17,357                | 18,672         | 31,898           | 7,002              | 67,927         | 0.63             | 0.59            | 691,117             | 0.34                |
| 10,684,494   | 18,524                | 132,752        | 0                | 0                  | 151,276        | 1.42             | 0.63            | 842,393             | 0.39                |
| 10,207,968   | 18,760                | 33,660         | 41,646           | 102,621            | 94,066         | 0.92             | 0.64            | 833,838             | 0.37                |
| 10,515,324   | 5,687                 | 72,354         | 38,122           | 57,904             | 116,163        | 1.10             | 0.66            | 892,097             | 0.38                |
| 10,525,324   | 29,913                | 72,354         | 0                | 28,588             | 102,267        | 0.97             | 0.68            | 965,776             | 0.39                |
| 10,088,396   | 6,204                 | 18,672         | 188,276          | 16,338             | 213,152        | 2.11             | 0.73            | 1,162,590           | 0.46                |
| 8,841,832    | 12,556                | 51,348         | 8,558            | 9,710              | 72,462         | 0.82             | 0.74            | 1,225,342           | 0.46                |
| 7,817,688    | 11,891                | 0              | 25,388           | 7,238              | 37,279         | 0.48             | 0.73            | 1,255,383           | 0.46                |
| 2,164,030    | 11,891                | 0              | 0                | 0                  | 11,891         | 0.55             | 0.73            | 1,267,274           | 0.46                |
| 0            | 0                     | 0              | 0                | 0                  | 0              | 0.00             | 0.73            | 1,267,274           | 0.46                |
| 3,556,072    | 3,890                 | 25,674         | 136,745          | 0                  | 166,309        | 4.68             | 0.78            | 1,422,977           | 0.53                |
| 8,699,286    | 0                     | 51,062         | 4,668            | 61,836             | 55,730         | 0.64             | 0.77            | 1,427,477           | 0.50                |
| <b>TOTAL</b> | <b>286,251,364</b>    | <b>444,482</b> | <b>1,015,760</b> | <b>757,711</b>     | <b>790,476</b> | <b>2,217,953</b> |                 |                     |                     |
|              | <b>PORCENTAJE (%)</b> | <b>20.04</b>   | <b>45.80</b>     | <b>34.16</b>       | <b>35.64</b>   |                  | <b>0.77</b>     | <b>1,427,477</b>    | <b>0.50</b>         |

Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.1 Producción.

La clasificación por líneas productivas como se muestra en la siguiente tabla donde se presentan los registros correspondientes a producción y PNC, permite identificar qué línea es la que concentra más PNC mensualmente y de esta manera desglosar la información para su mejor análisis.

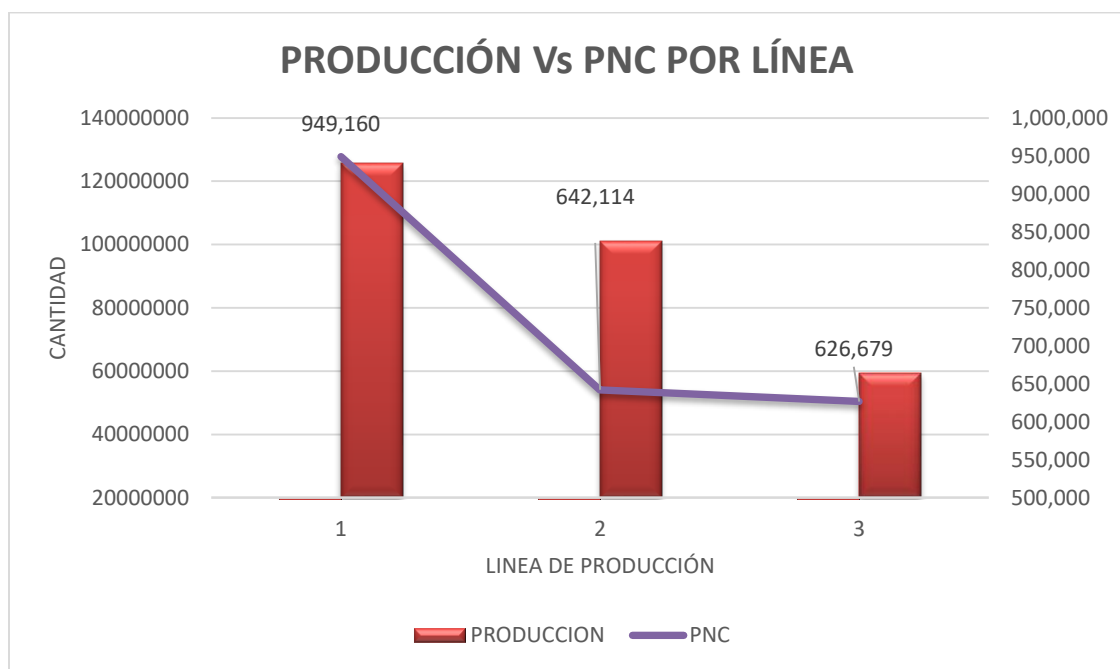
*Tabla 3 Detenido por línea de producción*

| <b>DETENIDO POR LINEA DE PRODUCCIÓN</b> |                  |                    |             |
|---|------------------|--------------------|-------------|
| <b>LINEA</b>                            | <b>PNC</b>       | <b>PRODUCCION</b>  | <b>%</b>    |
| <b>1</b>                                | 949,160          | 125,682,788        | 0.76        |
| <b>2</b>                                | 642,114          | 101,116,928        | 0.64        |
| <b>3</b>                                | 626,679          | 59,451,648         | 1.05        |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>2,217,953</b> | <b>286,251,364</b> | <b>0.77</b> |

*Fuente: Elaboración propia.*

Para un mejor análisis de la información, se presenta un gráfico que expone la Producción vs PNC por cada línea, de esta manera se puede observar la importancia de monitorear la relación producción/PNC para identificar oportunidades de mejora.

Figura 64 Producción VS PNC por línea.



Fuente: Elaboración propia.

Presentar información respecto a los grupos de trabajo permite identificar que grupo tiene un mayor PNC y plantear estrategias que influyan en la forma de trabajo u organización, buscando la disminución de PNC y merma.

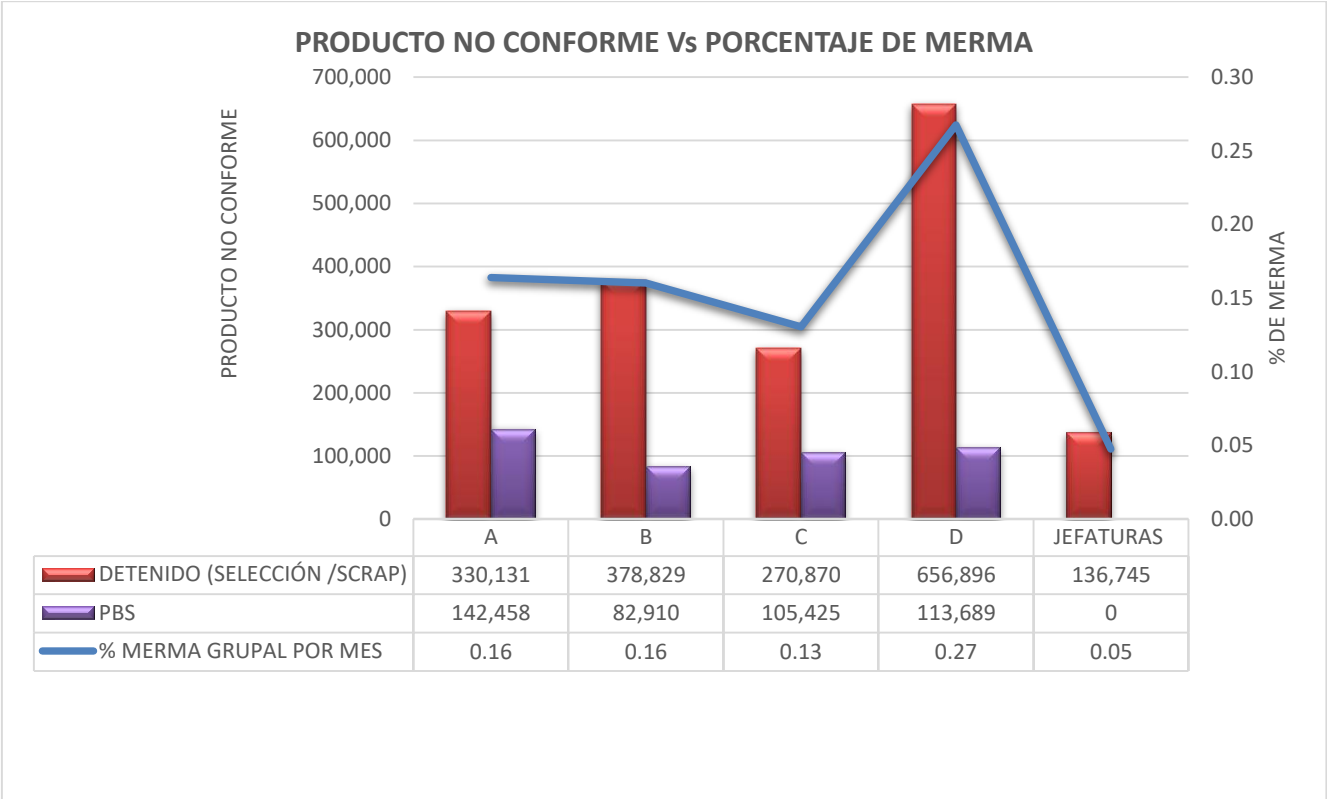
Tabla 4 Producto No Conforme por grupo.

| PRODUCTO NO CONFORME POR GRUPO |                             |            |                |       |                  |       |                        |                |                |
|--------------------------------|-----------------------------|------------|----------------|-------|------------------|-------|------------------------|----------------|----------------|
| GRUPO                          | DETENIDO (SELECCIÓN /SCRAP) | % DETENIDO | PBS            | % PBS | PNC              | % PNC | % MERMA GRUPAL POR MES | SCRAP          | RECUPERADO     |
| A                              | 330,131                     | 18.61      | 142,458        | 32.05 | 472,589          | 21.31 | 0.16                   | 148,365        | 226,537        |
| B                              | 378,829                     | 21.36      | 82,910         | 18.65 | 461,739          | 20.82 | 0.16                   | 90,843         | 142,661        |
| C                              | 270,870                     | 15.27      | 105,425        | 23.72 | 376,295          | 16.97 | 0.13                   | 108,634        | 160,504        |
| D                              | 656,896                     | 37.04      | 113,689        | 25.58 | 770,585          | 34.74 | 0.27                   | 273,124        | 260,774        |
| JEFATURAS                      | 136,745                     | 7.71       | 0              | 0.00  | 136,745          | 6.17  | 0.05                   | 136,745        | 0              |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>1,773,471</b>            |            | <b>444,482</b> |       | <b>2,217,953</b> | 100   | <b>0.77</b>            | <b>757,711</b> | <b>790,476</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Se expone una comparativa visual de PNC, PBS y merma por grupo durante el mes considerado para el análisis, esto con el fin de identificar a simple vista que grupo pone en riesgo las metas de producción y merma establecidas.

*Figura 65 PNC por grupo versus Porcentaje de merma*



*Fuente: Elaboración propia.*

Se lleva un monitoreo de la producción y PNC mensualmente, en la siguiente tabla se observa el comportamiento ambos en torno a los primeros 8 meses del año, así como la merma y su posible aumento o disminución según el mes.

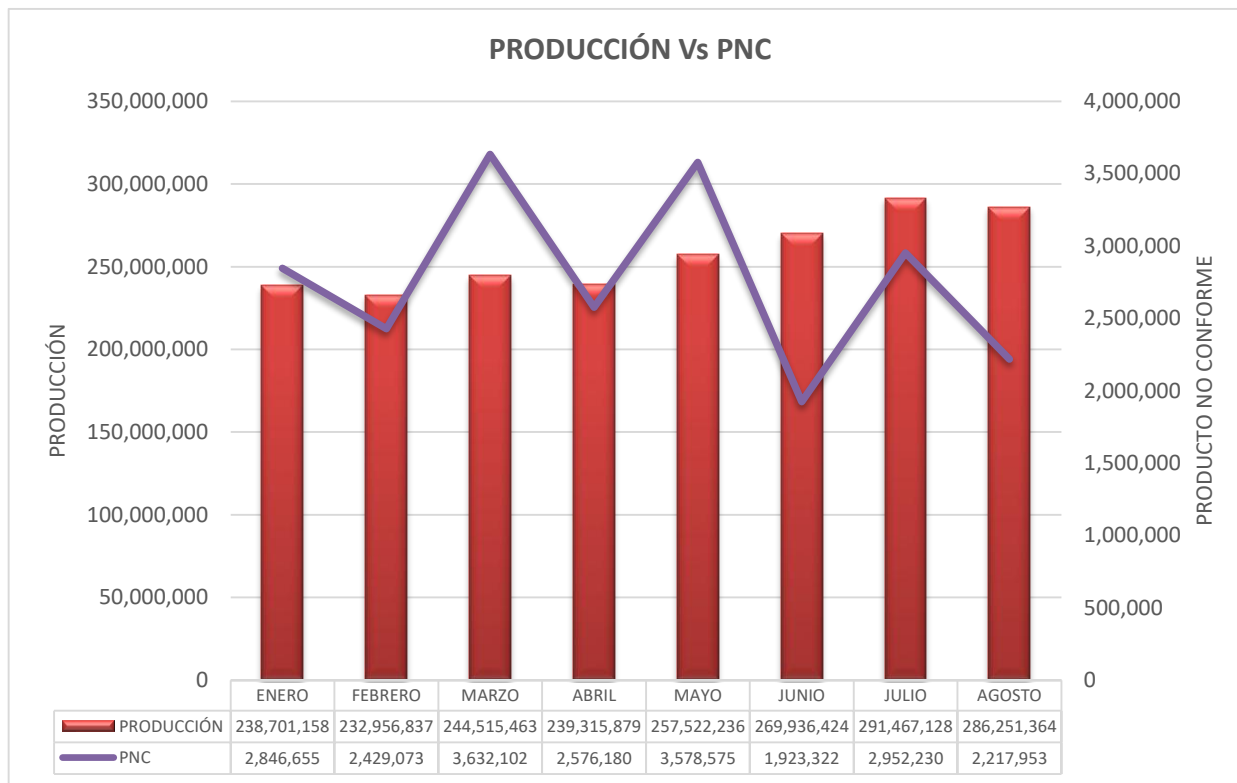
Tabla 5 Concentrado acumulado mensual

| CONCENTRADO ACUMULADO MENSUAL |             |           |               |       |                 |                 |                           |
|-------------------------------|-------------|-----------|---------------|-------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| MES                           | PRODUCCIÓN  | PNC       | PNC REMANENTE | MERMA | MERMA ACUMULADA | MERMA REMANENTE | MERMA REMANENTE ACUMULADA |
| ENERO                         | 238,701,158 | 2,846,655 | 2,591,259     | 1.19  | 1.19            | 1.09            | 1.09                      |
| FEBRERO                       | 232,956,837 | 2,429,073 | 1,879,691     | 1.04  | 1.12            | 0.81            | 0.95                      |
| MARZO                         | 244,515,463 | 3,632,102 | 3,344,745     | 1.49  | 1.24            | 1.37            | 1.09                      |
| ABRIL                         | 239,315,879 | 2,576,180 | 1,922,295     | 1.08  | 1.20            | 0.80            | 1.02                      |
| MAYO                          | 257,522,236 | 3,578,575 | 2,434,558     | 1.39  | 1.24            | 0.95            | 1.00                      |
| JUNIO                         | 269,936,424 | 1,923,322 | 1,283,139     | 0.71  | 1.15            | 0.48            | 0.91                      |
| JULIO                         | 291,467,128 | 2,952,230 | 2,351,008     | 1.01  | 1.12            | 0.81            | 0.89                      |
| AGOSTO                        | 286,251,364 | 2,217,953 | 1,427,477     | 0.77  | 1.08            | 0.50            | 0.84                      |

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 65 se muestra de manera visual dicha información mensual correspondiente a Producción y PNC, exhibiendo cual mes es el que presenta una mayor cantidad de PNC, permite realizar un análisis de los factores que en ese mes afectaron al aumento de PNC en la producción.

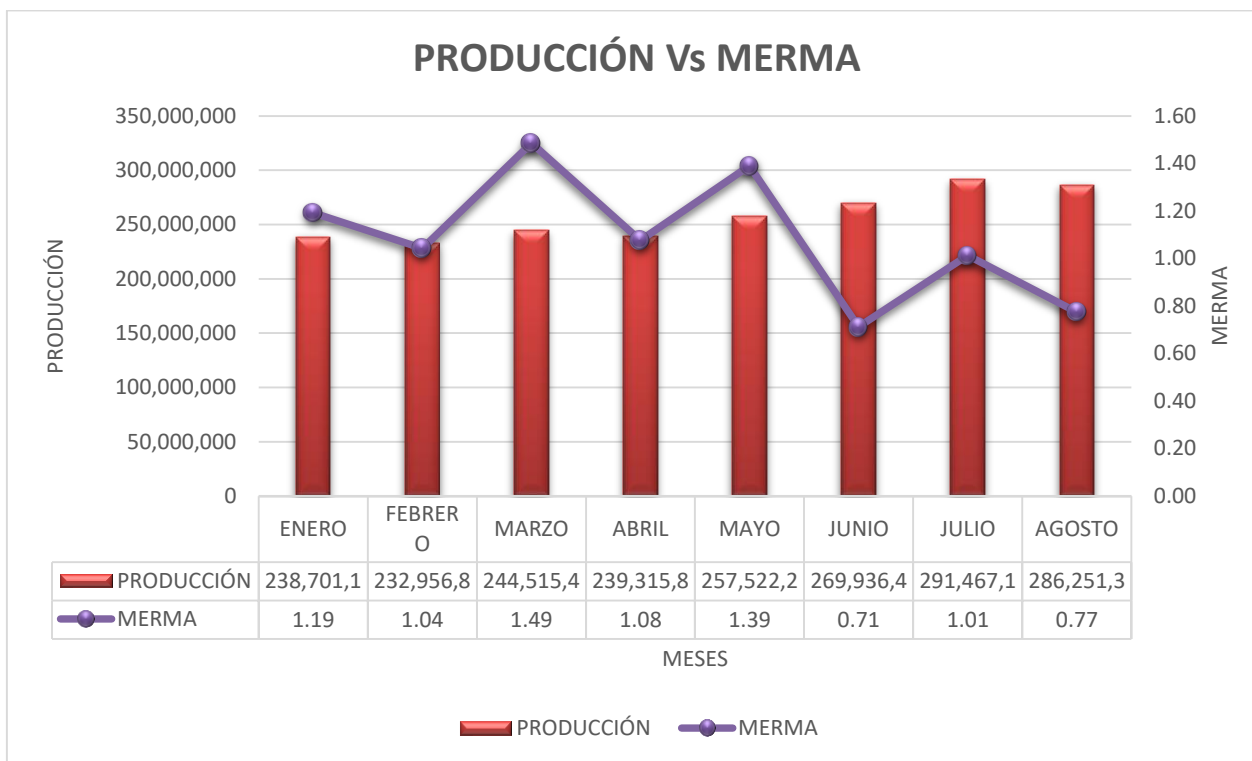
Figura 66 Producción Vs PNC mensual.



Fuente: Elaboración propia

Se desglosa la información en Producción Vs Merma en la Figura 66, con el objetivo de comprender el aumento o disminución en el transcurso del año, teniendo un inicio con un % de merma elevado y conforme pasan los meses se trabaja en reducir.

Figura 67 Producción Vs Merma.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Áreas con mayor merma.

Mediante un monitoreo diario y actualización constante de los defectos que afectan internamente a la producción, se identifican las áreas con mayor PNC y el % de merma mensual, logrando obtener las áreas más críticas del proceso.

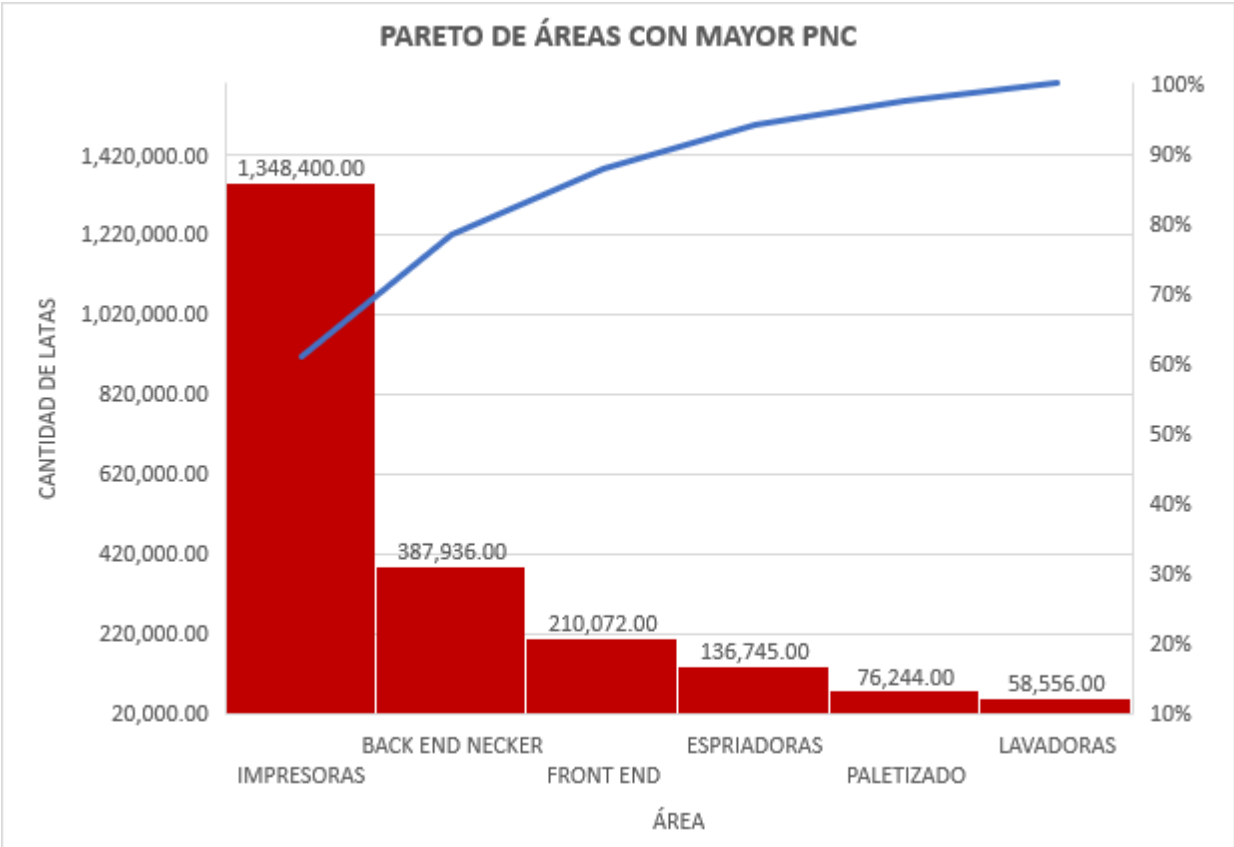
Tabla 6 Áreas con mayor PNC.

| ÁREAS CON MAYOR PNC |                     |       |
|---------------------|---------------------|-------|
| ÁREAS               | CANTIDAD            | %     |
| IMPRESORAS          | 1,348,400.00        | 60.79 |
| BACK END NECKER     | 387,936.00          | 17.49 |
| FRONT END           | 210,072.00          | 9.47  |
| ESPRIADORAS         | 136,745.00          | 6.17  |
| PALETIZADO          | 76,244.00           | 3.44  |
| LAVADORAS           | 58,556.00           | 2.64  |
| <b>TOTAL</b>        | <b>2,217,953.00</b> |       |

Fuente: Elaboración propia

El gráfico de Pareto presentado identifica las áreas críticas dentro del proceso de producción que generan la mayor cantidad de PNC, utilizando el principio de Pareto 80/20, de esta manera priorizar acciones en las áreas que generan mayor merma, en este caso Impresoras y Front End buscar el mayor retorno financiero y operativo.

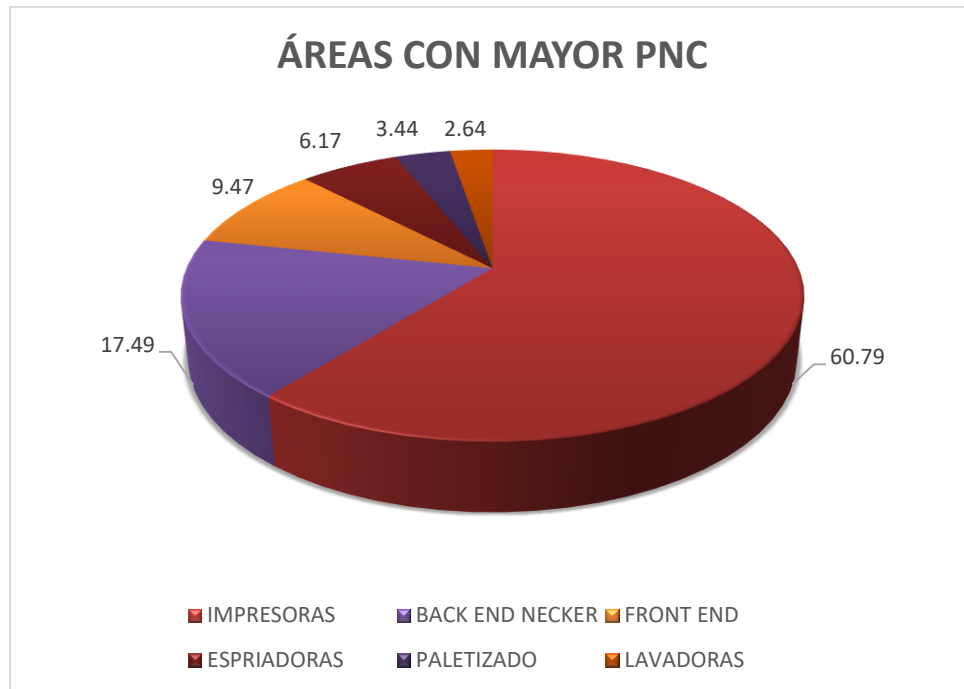
Figura 68 Pareto de Áreas con mayor PNC



Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se exponen los datos de las áreas críticas, pero en forma de gráfico de pastel para un apoyo visual para facilitar la identificación de las mismas.

*Figura 69 Gráfico de pastel de áreas con mayor PNC*



*Fuente: Elaboración propia.*

Exponer información respecto los defectos que lideran el PNC mensual es crucial para crear planes de acción, puesto que los defectos están ligados a las áreas críticas por tanto se debe conocer cuáles son los de mayor presencia en el proceso.

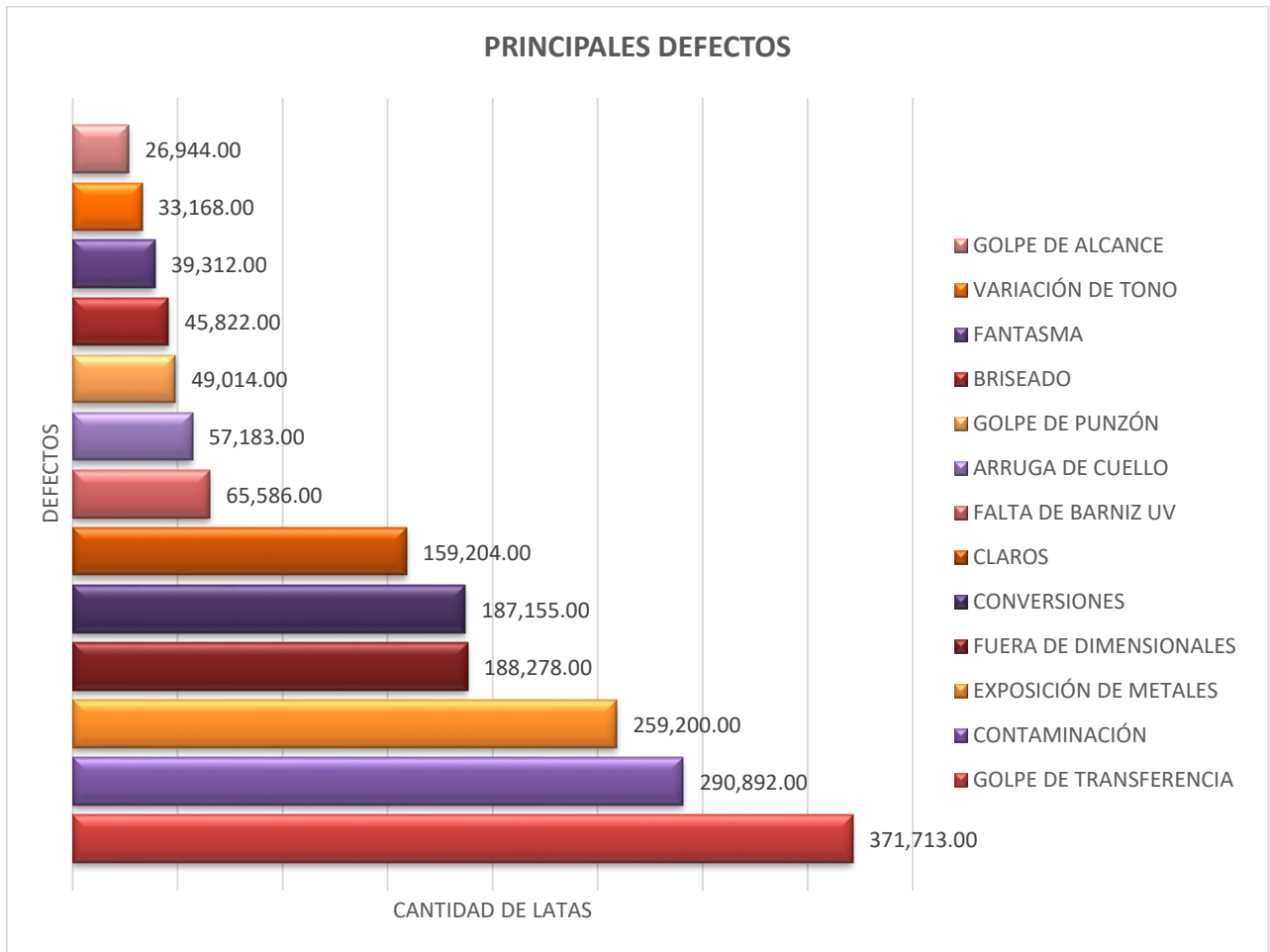
Tabla 7 Principales defectos.

| PRINCIPALES DEFECTOS   |                     |               |
|------------------------|---------------------|---------------|
| DEFECTOS               | CANTIDAD            | %             |
| GOLPE DE TRANSFERENCIA | 371,713.00          | 20.96         |
| CONTAMINACIÓN          | 290,892.00          | 16.40         |
| EXPOSICIÓN DE METALES  | 259,200.00          | 14.62         |
| FUERA DE DIMENSIONALES | 188,278.00          | 10.62         |
| CONVERSIONES           | 187,155.00          | 10.55         |
| CLAROS                 | 159,204.00          | 8.98          |
| FALTA DE BARNIZ UV     | 65,586.00           | 3.70          |
| ARRUGA DE CUELLO       | 57,183.00           | 3.22          |
| GOLPE DE PUNZÓN        | 49,014.00           | 2.76          |
| BRISEADO               | 45,822.00           | 2.58          |
| FANTASMA               | 39,312.00           | 2.22          |
| VARIACIÓN DE TONO      | 33,168.00           | 1.87          |
| GOLPE DE ALCANCE       | 26,944.00           | 1.52          |
| <b>TOTAL</b>           | <b>1,773,471.00</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: *Elaboración propia.*

Se muestra un gráfico de barras que nos permite conocer de manera rápida y visual que defectos son los que abarcan en su mayoría el PNC mensual de la producción, siendo así el golpe de transferencia el defecto que se debe tener en consideración por mayor cantidad.

Figura 70 Gráfico de barras de los principales defectos.



Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.1.3 Costo por desecho del PNC.

En el competitivo mundo de la manufactura, donde los márgenes de ganancia suelen ser ajustados, los costos por desecho emergen como un factor crítico que puede determinar la rentabilidad y sostenibilidad de una empresa. Cada unidad defectuosa, cada minuto de reproceso y cada kilo de material desperdiciado no solo representan pérdidas directas en materia prima y energía, sino también costos ocultos en productividad, capacidad operativa y reputación de marca.

Considerando lo anterior los dos tipos de residuos que existen son aquellos que la planta produce (rechazo, merma, scrap, material no conforme) y los que se generan en actividades indirectas.

Teniendo un enfoque específico en el primer tipo de desechos, los cuales se producen propiamente por el proceso, este tipo de desecho genera un mayor costo, puesto que no llega a transformarse en un producto terminado; y al ser un material que se desecha se debe considerar que ése material no formará parte de la producción, y por lo tanto realizar un tratamiento diferente al que se le daría a un producto terminado. (Aguilar, 2023)

Conocer los costos asociados a un residuo y el impacto que generan en las ganancias esperadas en la producción de la empresa, los cuales se clasifican en materia prima, producción, almacenamiento, transporte, disposición, reciclaje, reutilización y gestión; por ello se considera la pérdida de la venta y todo aquello que conlleva tratar el desperdicio, de modo que se considera como un ciclo continuo en el cual se van sumando la pérdida de la venta y los costos asociados al residuo.

#### **4.1.4 Materia prima.**

De lo anterior se desprende el cálculo de los siguientes costos teniendo en consideración un aproximado de las cifras de producción mensuales y merma presentadas con anterioridad, con base en la Tabla Producción y PNC y los datos históricos (no mostrados por cuestiones de la empresa), se tienen los promedios mensuales a utilizar para poder realizar los cálculos de los costos de producción.

Se consideran los elementos que constituyen la elaboración de las latas siendo la materia principal el aluminio, tintas, barniz interior y exterior, cera para necker, solución química y agua desmineralizada.

- **Aluminio** una aleación especial (AA3104) con magnesio y manganeso para resistencia y maleabilidad, espesor estándar: ~0.25 mm, considerando 50 g por lata
- **Tintas Base Solvente** Formuladas para alta adherencia al aluminio y resistencia al horneado, con un **consumo de 0.5 g** por lata.
- **Barniz UV** teniendo un curado instantáneo con lámparas UV, debe ser resistente a humedad y cambios térmicos, aproximadamente 0.3 g por lata (aplicado en el domo o base de la lata).
- **Barniz Interior (Epoxy)** certificado para contacto alimentario (FDA/EFSA), resistente a ácidos y carbonatación, con un **consumo de 0.2 g** por lata.
- **Barniz Exterior** compatible con tintas de impresión, para garantizar la resistencia al apilado y transporte, aproximadamente 0.2 g por lata.

- **Cera Necker** reduce fricción en moldes del Back End y facilita el formado de la pestaña, con 0.1 g por lata.
- **Solución Química** cuenta con un pH balanceado para no dañar el aluminio y elimina residuos de aceites y partículas con 0.1 litros por lata.

Recuperación de aluminio:

- El reciclaje de scrap se cotiza a \$1.50/kg (50% del precio de materia prima virgen).
- Producción Total: 290,000,000 unidades/mes
- Merma (Producto No Conforme): 2,220,000 unidades/mes (0.77% de la producción)
- Precio de Venta por Unidad: \$0.30 USD

*Tabla 8 Costos unitarios de materia prima.*

| <b>Materia Prima</b>        | <b>Unidad</b> | <b>Precio Unitario (USD)</b> | <b>Fuente</b>  |
|-----------------------------|---------------|------------------------------|--|
| <b>Aluminio (lámina)</b>    | kg            | \$2.40                       | Precio LME (London Metal Exchange) para aluminio grado bebidas. Se requieren 50g por lata (\$0.12/lata). |
| <b>Tintas base solvente</b> | kg            | \$8.00                       | Precio promedio para tintas de impresión en latas (0.5g/lata = \$0.004/lata).                            |
| <b>Barniz UV</b>            | kg            | \$6.50                       | Barniz para protección exterior (0.3g/lata = \$0.002/lata).  |
| <b>Barniz interior</b>      | kg            | \$5.00                       | Barniz epoxy para contacto con bebidas (0.2g/lata = \$0.001/lata).                                       |
| <b>Barniz exterior</b>      | kg            | \$5.00                       | Barniz acrílico (0.2g/lata = \$0.001/lata).  |
| <b>Cera Necker</b>          | kg            | \$10.00                      | Cera para lubricación en formado de cuello (0.1g/lata = \$0.001/lata).                                   |
| <b>Solución química</b>     | litro         | \$2.00                       | Detergentes y desengrasantes para lavado (0.1L/lata = \$0.0002/lata).                                    |
| <b>Agua desmineralizada</b> | litro         | \$0.10                       | Agua para enjuague final (0.05L/lata = \$0.00005/lata).  |

*Fuente: Elaboración propia con base a los datos promedio mensuales de la empresa.*

Basándonos en los valores anteriormente obtenidos en la Tabla 8 Costos unitarios de materia prima, generamos la siguiente tabla que comprende los costos de manera mensual, apoyándonos del promedio de producción total previamente presentado en la Tabla 2, de igual manera considera los insumos que se utilizan en el proceso producto de las latas de aluminio.

*Tabla 9 Costos mensuales de materia prima.*

| Insumo                 | Costo Unitario (USD) | Consumo Mensual | Costo Mensual (USD) |
|------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| Aluminio               | \$0.12/lata          | 290M latas      | \$34,800,000        |
| Tintas                 | \$0.004/lata         | 290M latas      | \$1,160,000         |
| Barnices (UV, int/ext) | \$0.006/lata         | 290M latas      | \$1,740,000         |
| Solución química       | \$0.0002/lata        | 290M latas      | \$58,000            |
| Agua desmineralizada   | \$0.00005/lata       | 290M latas      | \$14,500            |
| <b>Total MP</b>        | <b>\$ 0.13025</b>    |                 | <b>\$37,772,500</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.5 Mano de obra.

La mano de obra comprende a todo el personal involucrado de manera directa o indirecta para la fabricación del producto, estos datos son supuestos y aproximados basados en los salarios base vigentes de ofertas de vacantes para la zona y los puestos considerados según el giro empresarial.

- Personal operativo cuenta con 4 grupos de trabajo de aproximadamente 40 personas, 160 operadores en total.

Salario en México 2025, el salario mínimo se fijó en \$278.80 pesos diarios para la Zona del Salario Mínimo General (ZSMG), por practicidad se consideran \$15 USD de salario diario considerando meses de 30.5 días.

Costo mensual individual=  $\$15 \times 30.5 \text{ días} = \$457.5\text{USD}$

Costo mensual:  $160 \times \$457.5 = \mathbf{\$73,200 \text{ USD}}$  para personal operativo.
- Personal administrativo y de apoyo al proceso productivo, aproximadamente 40 personas, con un sueldo mayor al mínimo oscilando los \$918 USD mensuales

Costo mensual:  $40 \times \$918 = \mathbf{\$36,720 \text{ USD}}$  para personal administrativo.

- Gerencia considerando al personal de gerencia de cada una de las áreas, aproximadamente 10 personas, con un sueldo mayor al del personal administrativo oscilando los \$ 1,600 USD.

Costo mensual:  $10 \times \$30,000 = \$16,000 \text{ USD}$ .

Obteniendo así un aproximado de salarios mensuales de:

**$\$73,200 \text{ USD} + \$36,720 \text{ USD} + \$16,000 \text{ USD} = \$125,920 \text{ USD}$**

#### **4.1.6 Costos de Maquinaria y Servicios.**

El Artículo 35 de la Ley del ISR establece tasas de depreciación específicas para maquinaria y equipo según la actividad económica:

- Herramientas industriales: Como dados, troqueles, matrices, moldes y similares. Se depreciarán hasta un 35% de su valor anualmente
- Maquinaria para industrias alimenticias (salvo las ya mencionadas): Podrán depreciarse hasta un 8% anual. (Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre 2024)

En base a la depreciación establecida en la miscelánea fiscal del 2024 se realizan los cálculos comprendidos en la Tabla 10, que correspondientes a la depreciación de la maquinaria, con una breve descripción de su función en el proceso productivo, su valor inicial de adquisición, su vida útil, la depreciación del 8% correspondiente a lo establecido y finalmente el valor de depreciación mensual en USD.

**Cálculo:** Línea recta, considerando el 8% anual del valor inicial.

$\$2,500,000 \text{ USD} \times 8\% = \$200,000 \text{ USD anuales}$

$\$200,000 \text{ USD} / 12 = \$16,667 \text{ USD mensuales}$

**Valor Residual:** Se asume 0, los equipos se reemplazan al final de su vida útil.

Tabla 10 Depreciación de la maquinaria.

| Equipo                 | Función                         | Costo Nuevo (USD)  | Vida Útil (años) | Depreciación Anual (8%) | Depreciación Mensual (USD) |
|------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|
| Body Maker             | Formado de cuerpos de latas     | \$2,500,000        | 12               | \$200,000               | \$16,667                   |
| Necker                 | Formado de cuellos y pestañas   | \$1,800,000        | 10               | \$144,000               | \$12,000                   |
| Hornos (PinOven/IBO)   | Curado de barnices              | \$1,200,000        | 8                | \$96,000                | \$8,000                    |
| Impresoras             | Aplicación de tintas y barnices | \$1,500,000        | 7                | \$120,000               | \$10,000                   |
| Lavadoras              | Limpieza química                | \$800,000          | 9                | \$64,000                | \$5,333                    |
| Sistema de Palletizado | Empaque final                   | \$600,000          | 10               | \$48,000                | \$4,000                    |
| <b>Total</b>           |                                 | <b>\$8,400,000</b> |                  | <b>\$672,000/año</b>    | <b>\$56,000/mes</b>        |

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis del proceso productivo y las posibles demandas de servicios durante el mes, se realiza la siguiente Tabla, que incluye los costos de actividades que apoyan y sustentan al proceso productivo, comenzando por el mantenimiento de equipos, transportes, infraestructura, limpieza de espacios, entre otros, de igual manera la energía eléctrica que se provee a toda la empresa, Gas LP que es utilizado para el funcionamiento de equipos, calderas y hornos, y de igual manera los aceites industriales utilizados en equipos.

Tabla 11 Costos mensuales por servicios.

| Concepto                | Costo Mensual (USD)    | Detalles   |
|-------------------------|------------------------|--|
| Mantenimiento           | \$25,000               | Lubricantes, repuestos y contratos de servicio técnico.  |
| Energía Eléctrica       | \$580,000              | Consumo de $0.02 \frac{kWh}{lata} \times 290 \frac{M \text{ latas}}{\text{mes}} \times \$0.10 kWh$ |
| Gas LP                  | \$1,450,000            | $0.005 \frac{kg}{lata} \times 290 M \text{ latas} \times \$0.50 kg$                                |
| Aceites Industriales    | \$50,000               | Lubricación de máquinas (Body Maker, Necker).  |
| <b>Total Operativos</b> | <b>\$2,105,000/mes</b> |  |

Fuente: Elaboración propia.

Costo de maquinaria por lata:

$$\frac{\$56,000 \text{ (depreciación)} + \$2,105,000 \text{ (operativos)}}{290,000,000 \text{ latas}} = \$0.0075 \frac{\text{USD}}{\text{Lata}}$$

#### 4.1.7 Costos por desecho, reciclaje y nueva disponibilidad

Clasificación de la Merma

- Total, de merma (PNC): 2,220,000 unidades
- Recuperables para nueva disponibilidad: 790,000 unidades (35.6% del total).
- Desechadas/irrecuperables: 1,430,000 unidades (64.4% del total).

##### Unidades Recuperables

Re inspección y reproceso:  $\$0.02 \text{ USD/unidad}$ .

Costo total de recuperación:

$$790,000 \text{ unidades} \times (\$0.02) = \$15,800 \text{ USD}$$

##### Unidades Irrecuperables

Costo de materia prima perdida:

$$1,430,000 \text{ unidades} \times \$0.1302 \text{ costo MP/lata} = \$186,186 \text{ USD/mes}$$

Recuperación por reciclaje de aluminio:

$$1,430,000 \text{ unidades} \times 0.05 \text{ peso de aluminio por lata kg} \times \$1.50 \text{ precio de reciclaje de aluminio kg} = \$107,250 \text{ USD/mes}$$

Pérdida neta por desecho:

$$\$186,186 - \$107,250 = \$78,936 \text{ USD/mes}$$

Costo total de merma:

$$\$15,800 + \$78,936 = \$94,736 \text{ USD/mes}$$

Comparación con Escenario Sin Recuperación:

$$2,220,000 \text{ unidades} \times 0.05 \text{ peso de aluminio por lata kg} \times \$1.50 \text{ precio de reciclaje de aluminio kg} = \$166,500 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Merma total} \times \text{Costo MP por lata} = 2,220,000 \text{ latas} \times \$0.1302 \text{ USD/lata} = \$289,044 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Sin recuperación 100\% desecho: } \$289,044 - \$166,500 = \$122,544 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Con recuperación 35.6\% reutilizado: } \$94,736 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Ahorro mensual } \$122,544 \text{ USD/mes} - \$94,736 \text{ USD/mes} = \$27,808 \text{ USD/mes}$$

## **4.2 Análisis de datos**

Mediante este enfoque podemos rescatar que en las empresas manufactureras mantener un margen de ganancia ajustado y una eficiencia operativa es fundamental, implementar estrategias de recuperación de producto son claves para transformar las perdidas por producto no conforme en una oportunidad de amortiguación y mejora, buscando una reducción en el impacto financiero e impulsando la sostenibilidad y optimización del uso de recursos, creando un circulo virtuoso que nos genera un beneficio en la cadena de valor.

Por consiguiente, es muy importante priorizar la recuperación de producto ya que se vuelven evidentes los beneficios, primeramente, nos reduce los costos asociados a merma con cada unidad de producto que se logra incorporar nuevamente al proceso y concluye su objetivo de venta, nos permite reducir el uso de materia prima virgen para reposición de las mismas. Además, la sostenibilidad es clave, el recuperar producto disminuye la cantidad de residuos, asociando así a la empresa una reputación respecto al impacto ecológico.

Si mantenemos un enfoque operativo la recuperación mejora la eficiencia al mantener un flujo continuo en la producción y genera un impacto significativo en el almacenamiento de productos defectuosos, reduciendo los costos que se generan por mantener producto no conforme en el almacén, al ser desocupado nos da oportunidad de mejorar la distribución del producto que si cumple con los requisitos de venta.

Con eso podemos concluir que la recuperación de producto impacta de manera positiva, siendo así una estrategia integral que, en conjunto con un plan financiero, eficiencia operativa y responsabilidad ambiental, puede generar ahorros millonarios al año, demostrando que en la manufactura moderna se busca cero desperdicios en el ciclo productivo y convertir en valor agregado el producto que puede ser integrado nuevamente implementando un enfoque de rentabilidad, innovación y sostenibilidad.

#### **4.2.1 Diseño teórico de la propuesta**

La propuesta está basada en torno al siguiente ISHIKAWA, con un enfoque únicamente en la M de Mano de obra, puesto que el personal es la principal causa de merma en el proceso y de igual manera la solución para reducirla, si se adopta una cultura de reciclaje y reincorporación de PNC que cuente con las condiciones de reintegración al proceso, la merma y el ahorro monetario a largo plazo serán clave para el crecimiento de la producción y estabilización de la misma.

Figura 71 Representación de las causas-efectos de las mermas de un proceso por medio de un Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia con base a (Socconini, 2016).

La propuesta se fundamenta con apoyo de los siguientes puntos:

1. Teoría de la calidad total (Ishikawa, 1985): Enfoque en la mano de obra como eje para reducir mermas mediante capacitación y participación activa.
2. Economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2015): Reincorporación de PNC como estrategia para minimizar residuos y maximizar recursos.
3. Costo-beneficio (Pearce, 1983): Análisis comparativo de inversión en capacitación vs. contratación para justificar la viabilidad financiera.

Dicho lo anterior, se analizarán dos enfoques o maneras de llevar a cabo un plan de acción, para identificar la de mayor viabilidad en cuestión económica basándonos en los datos recopilados referentes a los 8 primeros meses del año 2024, por ello serán estudiadas de manera individual.

1. Enfoque de concientizar al personal: Buscando instruir al personal de gerencias y operativo que ya es parte de la empresa para que se lleven a cabo capacitaciones y cursos que apoyen a la reincorporación de material terminado, pero que necesita clasificarse para ser parte del proceso y producto final, este enfoque busca presentar una comparativa entre con los costos previos de las capacitaciones para concientizar al personal de reincorporar un % del PNC y el correspondiente pago de horas extras VS el dinero perdido en 8 meses del PNC desechados en su totalidad.
2. Enfoque de personal nuevo: Elegir personal experimentado en la búsqueda de defectos y selección manual, enfocados únicamente en la labor de reincorporar el PNC mensual generado en la producción, haciendo la comparativa de los gastos por reclutamiento, selección, contrato de nuevo ingreso a la planta productiva y pago de salarios VS el dinero perdido en 8 meses del PNC desechado en su totalidad.

## 4.2.2 Aplicación de la propuesta.

### 1. Enfoque de concientización y capacitación

Planteando el objetivo para el enfoque se establece lo siguiente, reducir el PNC mediante la sensibilización del personal existente (170 empleados) y capacitación técnica para clasificar/reprocesar productos. Esto por medio de talleres mensuales de aproximadamente 4 horas en los cuales se instruyan a los empleados en temas sobre, impacto económico del PNC, técnicas de clasificación y cultura de calidad; para estas capacitaciones se pretende un presupuesto de \$2,000 USD mensuales.

Complementando la capacitación teórica se pretende instruir en capacitaciones técnicas con apoyo de instructores especializados en el tema de identificación de defectos, uso de herramientas de calidad e inspección, considerando un presupuesto de \$3,000 USD mensuales y 8 horas de capacitación.

Por otra parte, el pago de las horas extras al 20% del personal operativo, nos generarían un aproximado de \$6,400 USD/mes, esto bajo el supuesto de considerar 32 personas  $\times$  10 horas/semana  $\times$  \$5 USD/hora.

Respecto al % de PNC recuperable considerando que solo el 20% del personal total esté disponible para apoyar en el proceso de reincorporación, obteniendo así 10 horas por semana y aproximadamente 1,280 horas mensuales se realizan los siguientes cálculos.

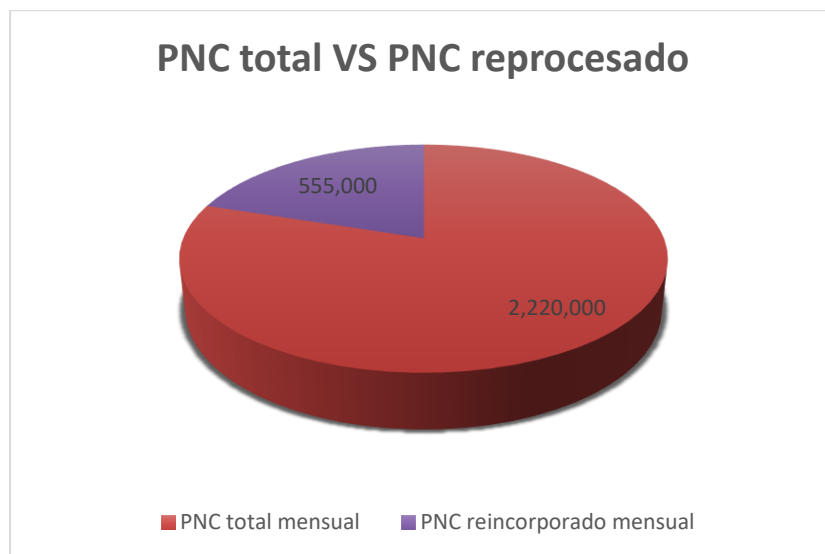
- **Tiempo requerido por unidad:**
  - 0.5 minutos/unidad (inspección + reproceso) = **120 unidades/hora.**
- **Capacidad mensual:**
  - 1,280 horas  $\times$  120 unidades/hora = **153,600 unidades/mes.**
- **Ajuste por eficiencia:**
  - Se asume un 85% de productividad real **130,560 unidades/mes.**
- **Relación con PNC total:**
  - $130,560 / 2,220,000$  PNC mensual = **5.9%.**

**¿Por qué se estima 25%?**

- El 5.9% corresponde **solo a horas extras.** Se suma:

- **Reducción de PNC por prevención (15%):** Mejora en procesos por capacitación.
- **Reutilización directa sin reproceso (4.1%):** Material con defectos menores.
- **Total:** 5.9% + 15% + 4.1% ≈ **25%**.
- Capacidad estimada: Reprocesar **25% del PNC mensual (555,000 unidades)**.

*Figura 72 Unidades de PNC total mensual vs Unidades de PNC reincorporado mensual, Enfoque de concientización y capacitación.*



*Fuente: Elaboración propia.*

La ventaja de este enfoque son el aprovechamiento y crecimiento del personal operativo de la planta, además de fomentar una cultura de calidad y compromiso por la organización y su labor. Pero existen riesgos como la resistencia al cambio por parte del personal y apatía o desinterés en los cursos y capacitaciones.

En la siguiente tabla se presenta una comparativa de los costos mensuales y los que correspondientes a los 8 meses del año estudiados, así como el desglose de los detalles.

Tabla 12 Enfoque de concientización y capacitación.

| Concepto                    | Costo Mensual (USD) | Costo Total (8 meses) | Detalles                                  |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---|
| Talleres de concientización | \$2,000             | \$16,000              | 4 horas/mes, 1 facilitador.               |
| Capacitación técnica        | \$3,000             | \$24,000              | 8 horas/mes, instructores especializados. |
| Horas extras (20% personal) | \$6,400             | \$51,200              | 32 personas × 10 horas/semana × \$5/hora. |
| Materiales de apoyo         | \$500               | \$4,000               | Manuales, herramientas de inspección.     |
| <b>Total</b>                | <b>\$11,900/mes</b> | <b>\$95,200</b>       |   |

Fuente: Elaboración propia.

Con base a la tabla comparativa el ahorro estimado por reincorporación en un periodo de 8 meses se considerarían los siguientes datos, respecto del

- PNC reincorporado: **555,000 unidades/mes × 8 = 4,440,000 unidades.**
- Ahorro: **4,440,000 × (\$0.1302 MP + \$0.02 reproceso) = \$666,000 USD.**

Con esto esperando tener un retorno neto de aproximadamente de \$666,000 - \$95,200 = **\$570,800 USD.**

## 2. Enfoque de contratación de personal especializado

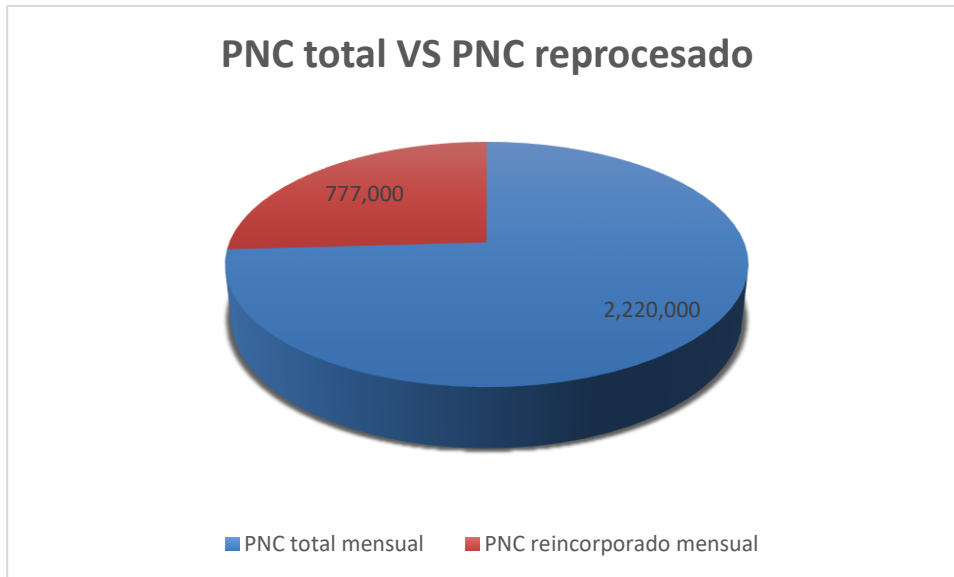
Con el objetivo de establecer un equipo de trabajo especializado exclusivamente en la reincorporación del PNC mensual se consideran 5 personas para reprocesar PNC únicamente. Siguiendo el proceso de reclutamiento y selección se considerarían los costos un aproximado de \$1,500 USD y los salarios correspondientes mensualmente \$800 USD/empleador/mes, lo que nos daría un total de \$4,000 USD/mes por los 5 empleados.

El % PNC recuperable en este enfoque se presenta exclusivamente para reincorporar PNC a la línea productiva, considerando un horario laboral de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 4:30 p.m. con 1 hora de comida y sábados de 7:00 a.m. a 12:30 p.m. con 00:30 minutos de desayuno, trabajando así 22 días al mes, un total de 900 horas disponibles, las cuales se consideran para los siguientes cálculos.

- **Tiempo por unidad:**
  - 0.35 minutos/unidad al tener un nivel de especialización mayor= **171 unidades/hora.**
- **Capacidad mensual:**
  - 900 horas × 171 unidades/hora = **153,510 unidades/mes.**
- **Ajuste por eficiencia:**
  - 153,510 unidades × 90% productividad por el equipo especializado = **138,510 unidades/mes.**
- **Relación con PNC total:**
  - $138,510 / 2,220,000 = 6.24\%$ .
- **¿Por qué se estima 35%?**
- El 6.24% es por **reproceso activo**. Se incluye:
  - **Clasificación rápida de PNC recuperable (20%):** Uso de herramientas especializadas.
  - **Prevención de merma (8.76%):** Detección temprana de defectos.
- **Total:**  $6.24\% + 20\% + 8.76\% \approx 35\%$ .

Fijando una meta en base a los datos históricos previos de **777,000** unidades mensuales.

*Figura 73 Unidades de PNC total mensual vs Unidades de PNC reincorporado mensual, Enfoque de contratación de personal especializado.*



*Fuente: Elaboración propia*

Las ventajas de este enfoque es obtener personal capacitado y especializada en la selección de material defectuoso sin tener que invertir tiempo en capacitar personal, además liberaría carga de trabajo al personal operativo y reduciría el costo agregado por las horas extras. Por otra parte, los riesgos serían los costos fijos adicionales a la producción por el incremento de personal.

En la siguiente tabla se presentan los costos de realizar este enfoque en base a los datos históricos previos de 8 meses.

Tabla 13 Enfoque de Contratación de Personal Especializado.

| Concepto                  | Costo Inicial (USD) | Costo Mensual (USD) | Costo Total (8 meses) | Detalles                  |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| Reclutamiento y selección | \$1,500             | -                   | \$1,500               | Procesos de contratación. |
| Salarios (5 empleados)    | -                   | \$4,000             | \$32,000              | \$800/empleado/mes.       |
| Capacitación inicial      | \$2,000             | -                   | \$2,000               | 16 horas técnicas.        |
| Herramientas de trabajo   | \$1,000             | -                   | \$1,000               | Equipos de inspección.    |
| <b>Total</b>              | <b>\$4,500</b>      | <b>\$4,000/mes</b>  | <b>\$36,500</b>       |                           |

Fuente: Elaboración propia

**Ahorro estimado por reincorporación (8 meses):**

- PNC reincorporado: **777,000 unidades/mes × 8 = 6,216,000 unidades.**
- Ahorro: **6,216,000 × (\$0.1302 MP + \$0.02 reproceso) = \$933,463 USD.**
- **Retorno neto: \$933,463 - \$36,500 = \$896,963 USD.**

**4.2.3 Resultados**

**4.2.3.1 Recolección de datos**

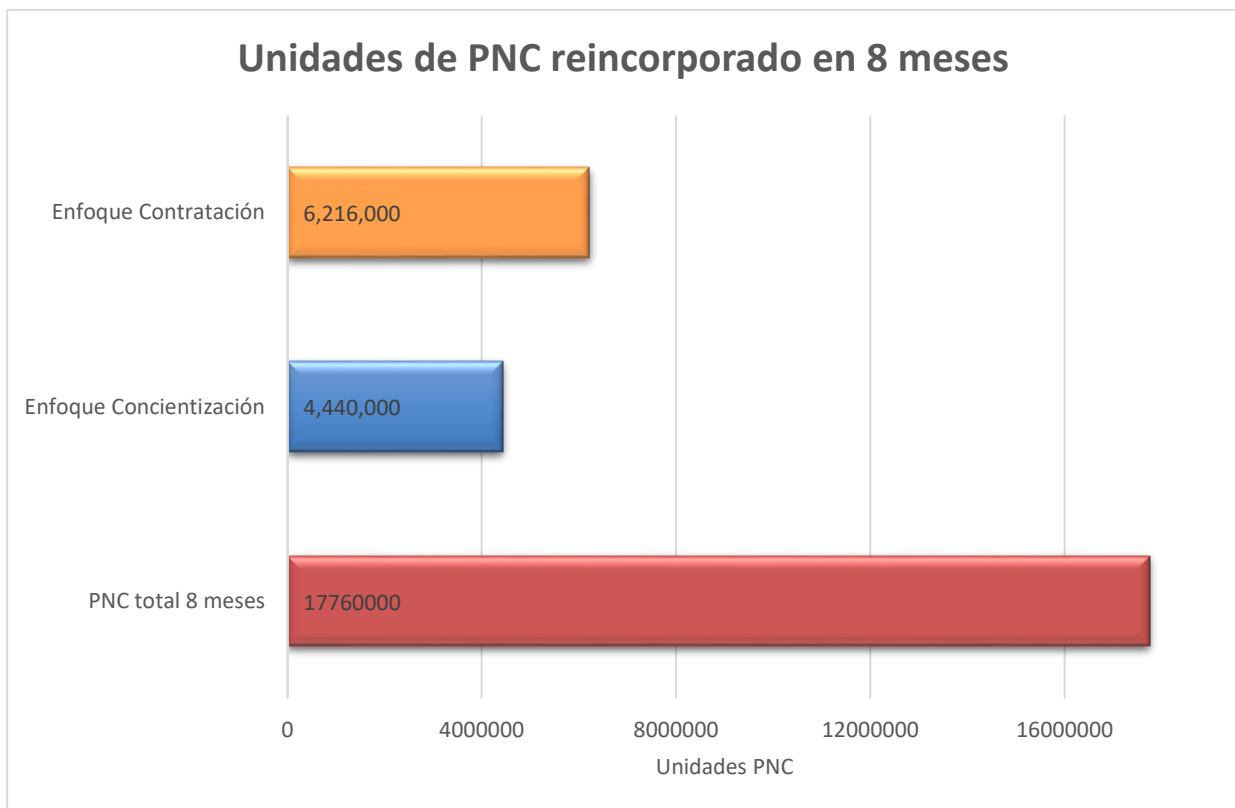
Mediante el análisis de las comparativas se observa que el segundo enfoque de contratación de personal especializado, generara mayor retorno y eficiencia a largo plazo, impacta de manera directa en la eficiencia de la productividad y reducción inmediata de mermas, además de presentar los beneficios superiores para el funcionamiento, apoya a los empleados actuales e influye en el crecimiento de la economía local por la generación de 5 nuevos empleos fijos en la empresa.

Tabla 14 Comparación de enfoques.

| <b>Indicador</b>                 | <b>Enfoque Concientización</b> | <b>Enfoque Contratación</b> |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| <i>Inversión total (8 meses)</i> | \$95,200 USD                   | \$36,500 USD                |
| <i>PNC reincorporado</i>         | 4,440,000 unidades             | 6,216,000 unidades          |
| <i>Retorno neto</i>              | \$570,800 USD                  | \$896,963USD                |
| <i>Tiempo de implementación</i>  | 2 meses (preparación)          | 1 mes (contratación)        |

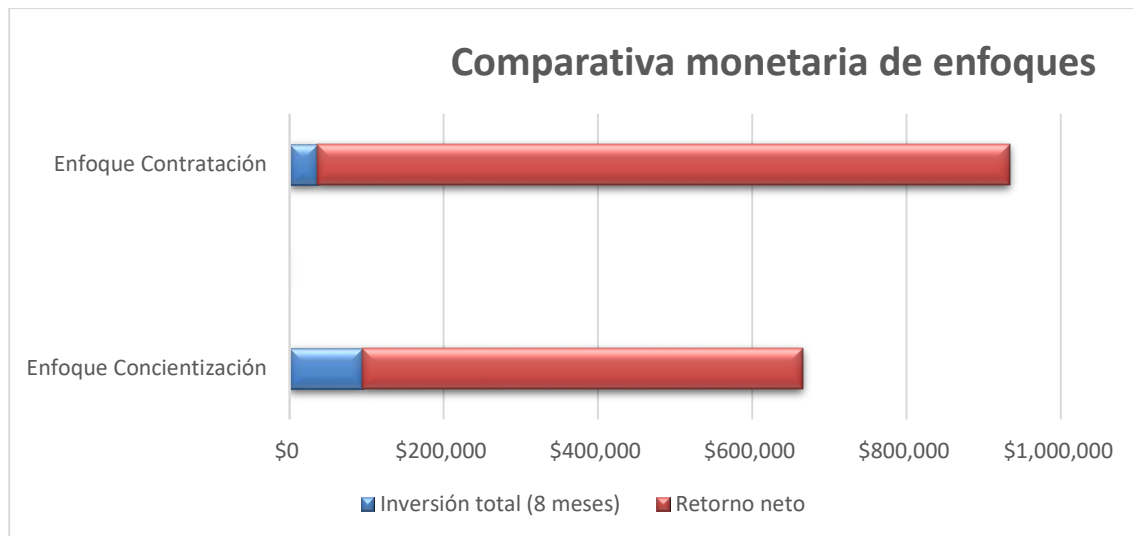
Fuente: Elaboración propia

Figura 74 Gráfico comparativo de unidades de PNC reincorporad en 8 meses.



Fuente: Elaboración propia

Figura 75 Comparativa monetaria de enfoques.



Fuente: Elaboración propia.

El enfoque de contratación presenta un retorno económico que genera \$326,163 USD adicionales al enfoque de concientización, lo cual a largo plazo podría ser aumentado, por otro lado, representa una eficiencia operativa que recupera 40% más PNC, esto considera 1.77M unidades extra a reincorporar en el mismo periodo de tiempo, lo cual presentaría una cantidad considerable en la reducción de merma actual, al ser una implementación más rápida proporcionaría resultados en la mitad de tiempo y la inversión es menor, puesto que requiere 62% menos capital inicial y todos estos puntos lo posicionan como la opción ideal como plan de acción.

Por otra parte, sería idóneo implementar capacitaciones al personal ya existente que corresponda, para asegurar la sostenibilidad del proceso y reducir los retrabajos, puesto que no se puede esperar que la creación de un departamento específico para la reincorporación de PNC sea el responsable de únicamente reducir las mermas en el proceso, se debe buscar generar y establecer una cultura de calidad en todo el proceso, además de empatía y conciencia para mantener la merma en lo mínimo.

Establecer metas para la merma máxima aceptable en el proceso sería un indicador que apoyaría de manera directa al proceso para lograr un monitoreo constante y cuantificable de

esa parte de la producción, si se establece un enfoque de acción y una meta de merma es posible mantener niveles bajos de merma e identificar con mayor eficiencia los puntos de quiebre que afectan o disparan la merma en el proceso productivo con esto, establecer soluciones próximas y pensadas en la disolución del problema.

### 4.3 Discusión

Si se realiza una comparativa económica de no establecer ningún enfoque y seguir reciclando todo el PNC sin buscar su reincorporación en el proceso, las pérdidas económicas serán abrumadoras y en algún momento pudieran ser insostenibles para la producción, por ello se presenta la siguiente tabla comparativa de ese escenario.

#### 3. Enfoque de contratación de personal especializado vs. Reciclaje Total

El escenario actual de reciclaje total genera un PNC mensual de 2,220,000 unidades aproximadamente, considerando un costo por desecho del 100% a reciclaje, se tendría una pérdida de materia prima de \$289,044 USD/mes.

Considerando la recuperación del reciclaje del aluminio  $2,220,000 \times 0.05 \text{ kg/lata} \times \$1.50/\text{kg} = \$166,500 \text{ USD/mes}$ .

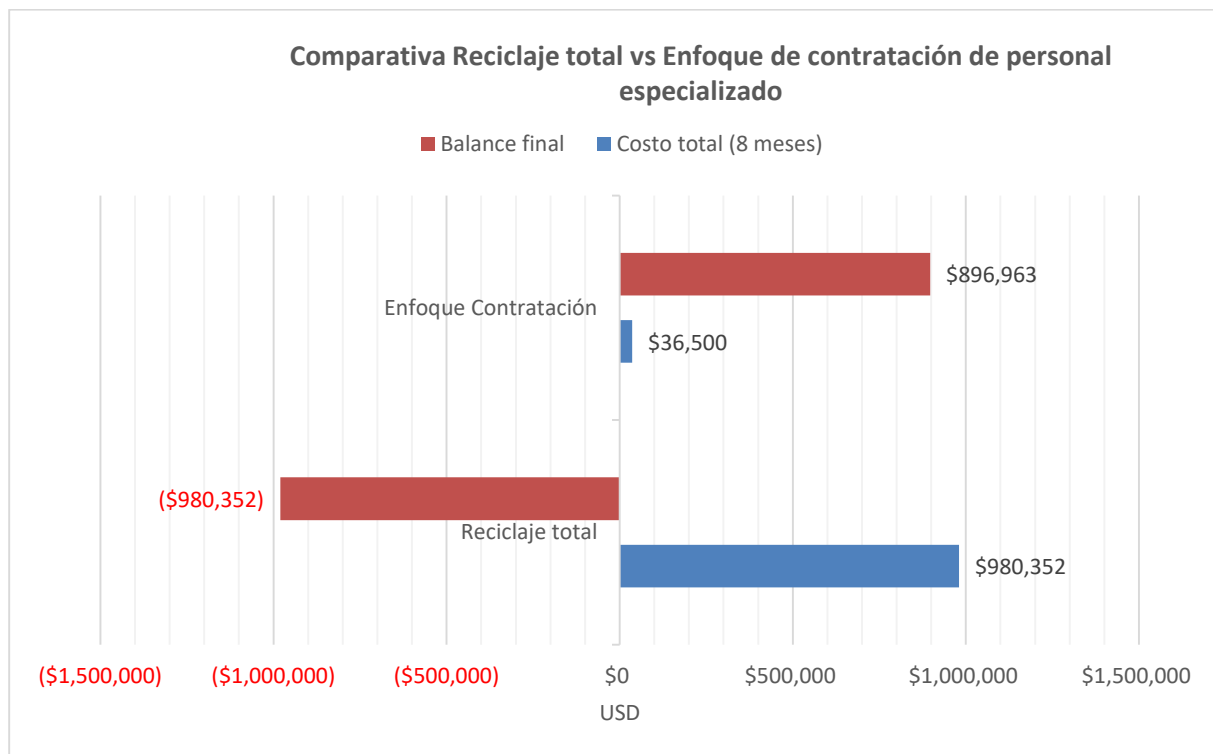
Obteniendo así una pérdida neta/mes de  $\$289,044 - \$166,500 = \$122,544 \text{ USD/mes}$ , pero si se realizan los cálculos considerando los 8 meses previos de análisis sería de \$980,352 USD

Tabla 15 Comparativa Reciclaje total vs Enfoque de contratación de personal especializado.

| Concepto              | Reciclaje total         | Enfoque Contratación     | Diferencia              |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Costo total (8 meses) | \$980,352 USD (pérdida) | \$36,500 USD (inversión) | +\$943,852              |
| PNC reincorporado     | 0 unidades              | 6,216,000 unidades       | +6,216,000              |
| Balance final         | <b>-\$980,352 USD</b>   | <b>+\$896,963 USD</b>    | <b>+\$1,877,315 USD</b> |

Fuente: Elaboración propia

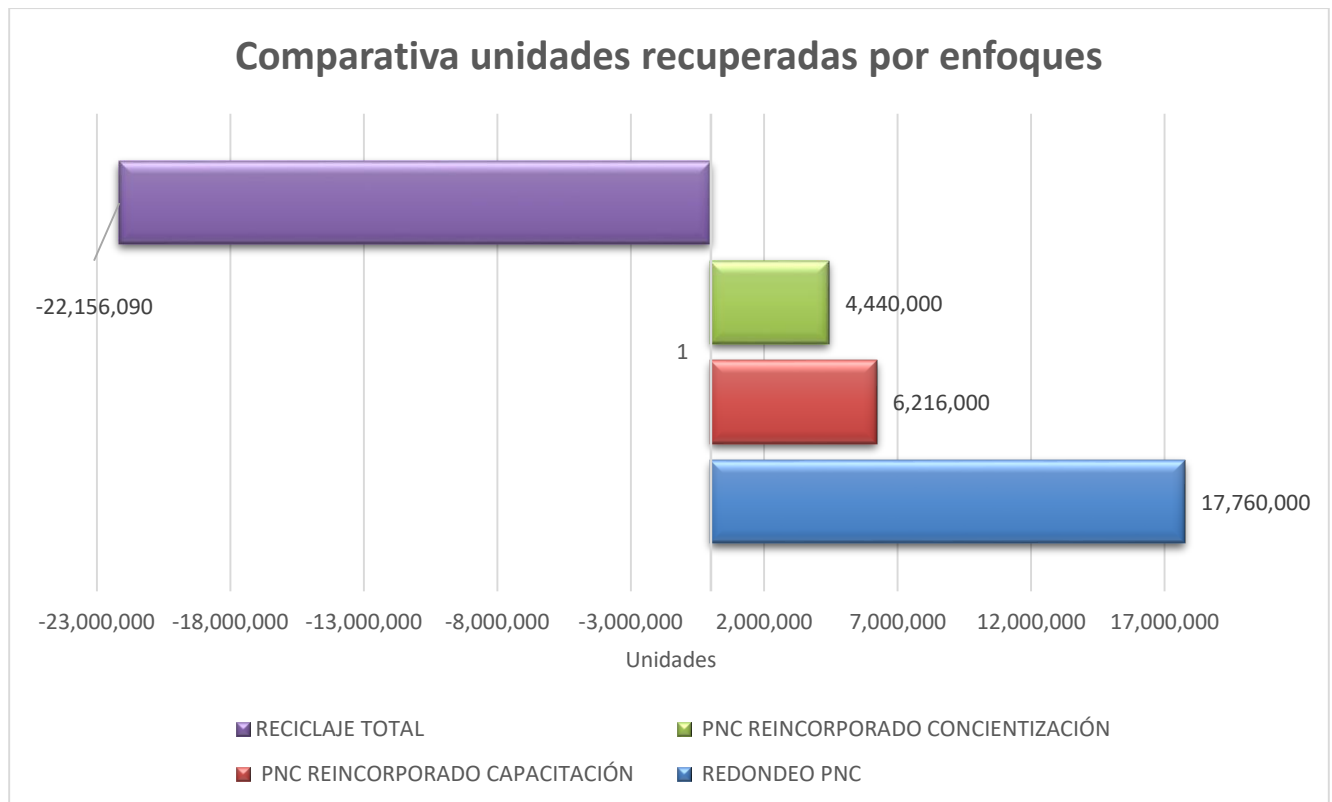
Figura 76 Comparativa monetaria de Reciclaje total VS Enfoque de contratación de personal especializado.



Fuente: Elaboración propia

Decidir no hacer nada cuesta \$980,352 USD en 8 meses solo por pérdida de materia prima, pero contratar personal especializado genera \$896,963 USD de ganancia neta en el mismo periodo. La diferencia a favor de la contratación es de \$1,877,315 USD evitando pérdidas y generando ahorros; la implementación del equipo especializado no solo cubre su costo, sino que convierte una pérdida segura de \$980,352 USD en una ganancia de \$896,963 USD, por lo que se establece que es financieramente viable y sostenible.

Figura 77 Comparativa de enfoques en base a las unidades reincorporadas en 8 meses.



Fuente: Elaboración propia

El análisis integral de los datos operativos y financieros de Envases Universales de México SAPI de CV, en base al periodo de tiempo correspondiente a los 8 del año 2024, presenta las oportunidades estratégicas para la reducción del Producto No Conforme (PNC) transformándolo en una ventaja competitiva sostenible. A lo largo de esta investigación, se ha demostrado que la implementación de un grupo especializado en la reincorporación de PNC no solo es financieramente viable, sino que representa la solución más efectiva para reducir pérdidas, optimizar recursos y fortalecer la producción.

El volumen de **PNC generado en los ocho meses** analizados asciende a 17.76 millones de unidades, con un **costo asociado de \$980,352 USD** si no se interviene. Frente a este escenario, se evaluaron dos enfoques principales: la concientización y capacitación del personal existente, y la contratación de un equipo especializado. Mientras que el **primer**

**enfoque** requiere una **inversión de \$95,200 USD** y permite recuperar 4.44 millones de unidades lo equivalente a un 25% del PNC, el **segundo**, con una **inversión** significativamente menor de **\$36,500 USD**, logra reincorporar 6.22 millones de unidades o el 35% del PNC y genera un **retorno neto de \$896,963 USD**, superando ampliamente al primero en eficiencia y rentabilidad a primera instancia y a un largo plazo basado en los registros históricos previos de la empresa.

La superioridad del enfoque de contratación se fundamenta en varios aspectos clave. En primer lugar, su implementación es más rápida al únicamente necesitar de primer mes para su implementación frente a los dos meses que requiere el enfoque de concientización y capacitación del personal existente, lo que permite obtener resultados tangibles en un plazo menor. En segundo lugar, el equipo especializado alcanza una productividad del 90%, liberando al personal operativo de tareas adicionales y reduciendo la necesidad de horas extras. Además, este enfoque no solo aborda el problema inmediato del PNC, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al minimizar el desperdicio de materiales como el aluminio, lo que alinea a la empresa con los principios de la economía circular.

Desde una perspectiva estratégica, la contratación de personal especializado se establece como la opción óptima, al tener capacidad para generar un retorno del 2.457% sobre la inversión, junto con su escalabilidad y bajo riesgo operativo, la convierten en la alternativa consolidada. Para maximizar sus beneficios, se recomienda complementar esta estrategia con capacitaciones puntuales al personal existente, enfocadas en la prevención de defectos, y establecer un sistema de monitoreo continuo que permita ajustar los recursos según la evolución del PNC.

En conclusión, implementar el plan de acción de invertir en un equipo dedicado a la reincorporación de PNC no solo resuelve un problema operativo crítico como el que presenta actualmente la empresa con sus altos niveles de merma, sino que también posiciona a Envases Universales de México SAPI de CV como un referente en eficiencia y sostenibilidad. Al transformar pérdidas inevitables en oportunidades de crecimiento, la empresa no solo mejora su rentabilidad, sino que también fortalece su compromiso con la

calidad y la innovación, asegurando su competitividad en un mercado cada vez más exigente. Esta estrategia, respaldada por datos concretos y un análisis riguroso, representa un paso decisivo hacia la excelencia operativa y la creación de valor a largo plazo.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES**

#### **5.1 Conclusiones relativas a los objetivos específicos y al general.**

El presente estudio permitió analizar el proceso productivo de una empresa manufacturera de latas de aluminio para bebidas, con el propósito de reducir la tasa de merma mediante la aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma. Por lo que, en esta sección se presentan las conclusiones derivadas del estudio con base a el cumplimiento de los objetivos planteados.

Considerando el objetivo específico uno “Describir el proceso productivo de fabricación de latas de aluminio para bebidas.” Se cumple este objetivo específico debido a que se logró documentar de manera detallada el flujo de producción, identificando las operaciones unitarias, puntos de trazabilidad y áreas críticas, como Impresoras, Back End y Front End, que concentran el mayor volumen de Producto No Conforme (PNC).

Para el segundo objetivo específico “Cuantificar el volumen e impacto económico del PNC.” Se consigue el resultado esperado puesto que se determinó que la merma mensual promedio es de 2.22 millones de unidades, con un costo asociado de \$94,736 USD mensuales. El análisis histórico de 2024 evidenció que la merma supera consistentemente la meta establecida del 2.5%, generando pérdidas significativas.

Por otra parte, el objetivo específico tres “Identificar las causas raíz de los defectos con mayor incidencia.” Se satisface el objetivo mediante el uso de herramientas de calidad como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto, se identificó que el "golpe de transferencia" es el defecto más recurrente (20.96%), seguido de "contaminación" (16.40%) y "exposición de metales" (14.62%). Al tener identificados los defectos que lideran el proceso, se pueden establecer planes de acción posteriores para buscar su reducción, de igual manera la mano de obra se reconoció como la causa raíz principal.

Con el planteamiento del objetivo específico cuatro “Diseñar un sistema estandarizado para clasificar el PNC.” Se logra el propósito al desarrollar e implementar el Formato de Clasificación de PNC (FC-PNC), que permite estandarizar la toma de decisiones durante la inspección final, mejorando la trazabilidad y reduciendo la subjetividad en la clasificación de detenidos, PBS y SCRAP en el proceso, además de apoyar al personal con la toma de decisiones y participación activa en el proceso.

Existe evidencia que el objetivo específico cinco “Evaluar alternativas para la reincorporación de producto recuperable.” Se realiza el plan previsto al realizar una comparativa dos alternativas de solución planteadas para la reducción y control de merma en el proceso, una con un enfoque de concientización del personal existente y la segunda perspectiva por medio de contratación de personal especializado. Esta última mostró una viabilidad superior, con un retorno neto de \$896,963 USD en 8 meses y una capacidad de reincorporación del 35% del PNC, algo que beneficiaría a la empresa de manera directa, a aumentar sus ganancias y controlar la merma que produce.

Por último, el objetivo específico seis “Seleccionar la alternativa óptima con base en el análisis costo-beneficio.” Se concreta la intención al elegir la alternativa de contratación de personal especializado resultó ser la opción más eficiente, con una inversión inicial menor (\$36,500 USD) y un retorno significativamente mayor en comparación con la capacitación del personal existente. El análisis comparativo demostró que la decisión de no actuar, es decir, continuar con el reciclaje total del PNC, generaría una pérdida neta de \$980,352 USD en el periodo de ocho meses. Frente a este escenario, la implementación de la alternativa de contratación no solo evitó estas pérdidas, sino que generó un retorno neto positivo de \$896,963 USD en el mismo periodo, lo que representa una diferencia financiera favorable de \$1,877,315 USD y confirma la viabilidad económica de la reincorporación del producto recuperable.

Al realizar el análisis total de los resultados y el previo objetivo general planteado, “Analizar el proceso productivo de una empresa manufacturera de latas de aluminio para bebidas y proponer alternativas de solución basadas en un enfoque de mejora continua y metodología DMAIC de Seis Sigma, para reducir la tasa de merma en el proceso de fabricación, por medio de la identificación de causas raíz, el control de producto no conforme y la reincorporación de producto recuperable, con la finalidad de reducir los niveles de merma y optimizar los costos operativos.” Se concluye que al analizar el proceso productivo y proponer alternativas para reducir la tasa de merma, mediante la implementación de un equipo, el estudio permitió no sólo diagnosticar las causas fundamentales de la elevada merma que eran de 2.22 millones de unidades mensuales en promedio, lo equivalente a un 0.77%, sino también diseñar y evaluar una solución estratégica basada en un enfoque estructurado de mejora continua.

Por lo anterior, la aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma se facilita la identificación de las áreas críticas en el proceso, las cuales son Impresoras, Back End y Front End y el defecto prioritario "golpe de transferencia" que se origina de Impresoras. Al elegir la propuesta de contratación de un equipo especializado para la reincorporación de PNC, se confirma como la alternativa viable y factible en la reducción de costos, al lograr reincorporar 6.22 millones de unidades o el 35% del PNC, esta estrategia no sólo reduce la merma por debajo de la meta del 2.5%, sino que genera un retorno neto de \$896,963 USD en ocho meses, optimiza el uso de recursos materiales y energéticos, y sienta las bases para una cultura de calidad sostenible.

Se concluye que la implementación de esta alternativa, respaldada por el sistema estandarizado de clasificación FC-PNC, constituye una solución integral, económicamente viable y alineada con los principios de la economía circular, que fortalece la competitividad de la empresa en el mercado de envases metálicos. Por otra parte, existe evidencia suficiente al nivel de significancia de 0.05 para afirmar que la implementación de un equipo especializado en la reincorporación de PNC, apoyado por la metodología DMAIC y un

sistema estandarizado de gestión, reduce significativamente la tasa de merma, optimiza los costos operativos y mejora la eficiencia global en la fabricación de latas de aluminio.

## **5.2 Aportaciones originales.**

Esta investigación realiza contribuciones significativas tanto a nivel metodológico como práctico, las cuales se resumen en los siguientes puntos de desarrollo e implementación, como lo es validar la metodología DMAIC en un escenario real de alta producción, demostró la aplicabilidad y eficacia de las herramientas de Seis Sigma en la industria de envases metálicos, específicamente para diagnosticar causas raíz, priorizar defectos y evaluar soluciones con base en datos históricos y análisis financiero, apoyando del Formato de Clasificación de Producto No Conforme (FC-PNC) que permite reducir la subjetividad en la toma de decisiones durante la inspección de calidad, este instrumento mejora la trazabilidad, facilita la auditoría y puede ser adaptado a otros contextos de la industria manufacturera.

Integración de un modelo de análisis de costos integral, al proponer un marco para cuantificar no sólo el costo directo de la materia prima perdida, sino también los costos asociados a mano de obra, servicios, depreciación de maquinaria y gestión de residuos; permite una evaluación realista del impacto económico de la merma y los beneficios de su reincorporación. Así como, la cuantificación del potencial de economía circular, al evidenciar que la reincorporación del PNC no es sólo una estrategia de reducción de costos, sino también un mecanismo de sostenibilidad al minimizar el desperdicio de aluminio y otros insumos, contribuyendo así a un modelo de producción circular.

Finalmente, la generación de un caso de estudio cuantificable, siendo una investigación que proporciona un benchmark detallado sobre los porcentajes de merma, defectos críticos y costos operativos en la fabricación de latas de aluminio, es decir, ser una referencia para otras plantas con problemáticas similares.

### **5.3 Límites del modelo planteado.**

A pesar de los aportes y resultados obtenidos, es importante reconocer las limitaciones inherentes al estudio, en el alcance temporal, el análisis se basó en datos de un período específico correspondiente al año 2024, lo que no captura posibles variaciones estacionales, cambios en la demanda o efectos a largo plazo de las estrategias implementadas, en un contexto geográfico y organizacional, el estudio se limitó a una sola planta ubicada en Hidalgo, México. Los resultados y la viabilidad de la solución propuesta pueden variar en otras plantas con diferentes estructuras organizativas, culturas de calidad o normativas locales.

Al tener una limitación y dependencia de datos históricos, la investigación se sustentó en registros internos de la empresa, cuya exactitud y consistencia podrían estar sujetas a errores de registro u omisiones no detectadas. Así como los supuestos financieros, los costos de materia prima, energía y mano de obra se calcularon con base en promedios y cotizaciones del periodo de estudio, por lo que están sujetos a fluctuaciones del mercado que podrían afectar la estimación de retorno de inversión.

Mediante el enfoque de reincorporación y prevención de aumento, la solución prioriza la gestión del PNC una vez generado, pero no aborda de manera profunda las acciones correctivas en las etapas iniciales del proceso para prevenir la ocurrencia de defectos, que están principalmente asociados a factores humanos no cuantificados, por ello el modelo no incorporó variables como la resistencia al cambio, la curva de aprendizaje del nuevo personal o el impacto en la moral del equipo existente, factores que podrían influir en la efectividad real de la implementación.

#### **5.4 Recomendaciones para futuros estudios.**

Con base en los hallazgos y limitaciones de esta investigación, se sugieren las siguientes líneas de acción para estudios futuros, extender el análisis temporal del estudio para que abarque al menos un ciclo productivo completo (12-24 meses) para evaluar la estabilidad de la reducción de merma, el retorno de inversión a largo plazo y el impacto de factores estacionales.

Así mismo aplicar la misma metodología en otras plantas de la misma empresa o de competidores para comparar resultados, identificar mejores prácticas y validar la generalización del modelo propuesto, de esta manera profundizar en el análisis y desarrollo de soluciones ingenieriles o tecnológicas para las causas raíz, en caso de que sean las mismas áreas las que generan defectos críticos, complementar con un estudio cualitativo o mixto para evaluar el impacto de la implementación en la cultura organizacional, la motivación del personal y los factores que facilitan u obstaculizan el cambio hacia una mentalidad de "cero desperdicios".

La optimización del modelo de costos y la incorporación de herramientas de simulación para modelar el impacto de las fluctuaciones en los precios del aluminio, la energía y la mano de obra en la viabilidad financiera de la propuesta, que genere un modelo más dinámico y robusto. Y por lo tanto explore la viabilidad de implementar sistemas de visión artificial o IoT (Internet de las Cosas) en las líneas de inspección para la detección automática y temprana de defectos, complementando el trabajo del equipo especializado de reincorporación.

## REFERENCIAS

- Acuña, C. (2020, 10 de diciembre). *Oficios industriales: ¿cómo se hacen las latas?* La Nación. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/lifestyle/oficios-industriales-como-se-hacen-las-latas-nid2014689/>
- Aguilar, J. C. (2023, 15 de marzo). *El costo de un residuo*. LinkedIn. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/el-costo-de-un-residuo-juan-carlos-aguilar/>
- Alsimet. (2022). *Tratamiento térmico: normalizado del metal*. Disponible en: <https://alsimet.es/es/noticias/tratamiento-termico-normalizado-del-metal>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2011). Disponible en: Estadística para administración y economía (11ª ed.). Cengage Learning.
- Bautista, I. (2021, 10 de junio). *Backend y Frontend, ¿Qué es y cómo funcionan en la programación?* Servnet. Disponible en: <https://www.servnet.mx/blog/backend-y-frontend-partes-fundamentales-de-la-programacion-de-una-aplicacion-web>
- Belvac. (s.f.). *Necker*. Disponible en: <https://www.belvac.com/>
- Carrera, C., Manobanda, W., Castro, D., & Vallejo, H. (2019). *Mejoramiento continuo de procesos de calidad*. Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/487/3/listo%20MEJORAMIENTO%20CONTINUO.pdf>
- Chacón, M., Gaytán, S., & Rico, M. (2020). *Manejo de scrap para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación*. Disponible en: Reacción UT León, 5(2), 45-58.
- Clínica Universidad de Navarra. (2023). *Rayos ultravioletas*. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/rayos-ultravioleta>
- Comercial Fama. (2022). *¿Qué es el fleje y para que se utiliza?* Disponible en: <https://www.comercialfama.es/que-es-el-fleje/>
- Conecband. (s.f.). *Proceso de fabricación de latas*. Disponible en: <https://www.conecband.com>
- CPM. (2024). *Torrent can washer*. Disponible en: <https://www.cpm.com>

- Cupper. (2023). *Máquinas para fabricación de latas*. Disponible en: <https://www.belvac.com>
- Diario Oficial de la Federación. (2024, 30 de diciembre). *Resolución Miscelánea Fiscal para 2025*. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx>
- Esagraf. (2024). *Características de la impresión flexográfica*. Disponible en: <https://www.esagraf.com/caracteristicas-impresion-flexografica/>
- Gaspar, S. (2023). *¿Qué es el mandril y para qué sirve?*. Krollit. Disponible en: <https://www.krollit.com/es/huso/>
- GF STEEL. (2025). *¿Qué es la bobina de aluminio? Una guía completa*. Disponible en: <https://gengfeisteel.com/es/knowledge/aluminum-coil/>
- Grima, P., Almagro, L. M., Santiago, S., & Tort-Martorell, X. (2014). *Six Sigma: Hints from practice to overcome difficulties*. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(3-4), 198-208. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14783363.2014.887093>
- Hernández, A. (2021). *Primera cerveza en lata*. Chelar. Disponible en: <https://chelar.com.mx/la-historia-de-la-primera-lata-de-cerveza/>
- Hernández, L. (2021). *Bebidas embotelladas (agua y refrescos) y hielo*. CIATEJ. Disponible en: <https://ciatej.mx>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Disponible en: (6ª ed.). McGraw-Hill.
- IONOS. (2024). *¿Qué es el backend?*. IONOS. Disponible en: <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/creacion-de-paginas-web/que-es-el-backend/>
- Mandujano, L. (2024, 15 de enero). *Alimentos enlatados: la Canafem rompe mitos*. *Vanguardia Industrial*. Disponible en: <https://www.vanguardia-industrial.net/alimentos-enlatados-la-canafem-rompe-mitos/>
- McCarty, T., Bremer, M., & Daniels, L. (2005). *The Six Sigma black belt handbook*. Disponible en: McGraw-Hill.
- Metalvin. (2019). *Bobinas de aluminio*. Metalvin. Disponible en: <https://www.metalvin.com/aluminio/bobina-aluminio/>

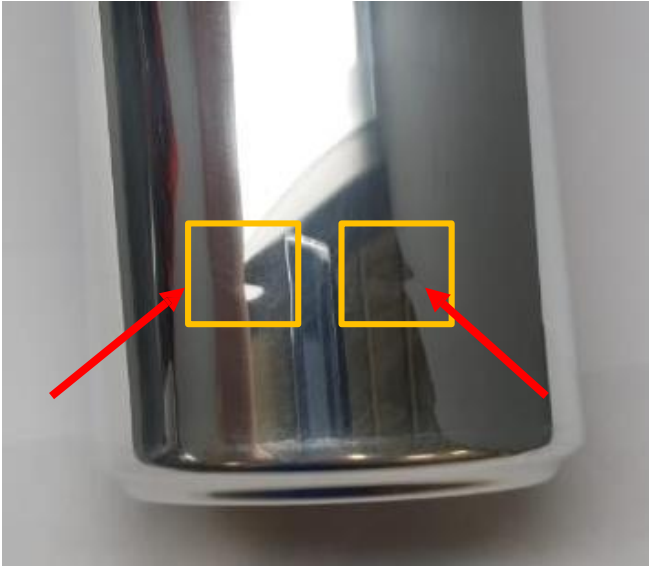
- Orellana, L. (2001). *Estadística descriptiva*. Universidad de Buenos Aires. Disponible en: [https://www.dm.uba.ar/materias/estadistica\\_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf](https://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf)
- Pacheco, A., & Cruz, M. A. (2006). *Metodología crítica de la investigación*. Disponible en: CECSA.
- Pérez, I. (2014). *Ingeniería de procesos: casos prácticos*. Disponible en: Editorial Universitaria.
- Pillado, K. (2024). Guía: *¿Qué es y para qué se usa el agua desionizada?*. Contyquim. Disponible en: <https://contyquim.com/blog/guia-que-es-y-para-que-se-usa-el-agua-desionizada>
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española* (23.<sup>a</sup> ed.). Disponible en: <https://dle.rae.es>
- Rivas, E. (2020). *Definición de flexografía*. Industrias Gori. Disponible en: <https://industriasgori.com.mx/blog-post/definicion-de-flexografia/>
- Rojas Soriano, R. (2005). *Guía para realizar investigaciones sociales*. (40<sup>a</sup> ed.). Disponible en: Plaza y Valdés.
- Ruiz, M., Garay, C., & Martínez, R. (2017). *El aluminio, material trascendente en la historia humana*. Disponible en: Temas de Ciencia y Tecnología, 21(61), 3-9.
- SAP. (2025). *¿Qué es SAP?*. Disponible en: <https://www.sap.com/latinamerica/about/what-is-sap.html>
- Socconini, L. (2016). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt: Para la excelencia de los negocios* (2<sup>a</sup> ed.). Disponible en: Alfaomega.
- Torres, A. (2023, 10 de mayo). *Control de la merma en producción: todas las claves*. MESbook. Disponible en: <https://mesbook.com/control-merma-produccion/>
- Vidal, B. P., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2018). *Metodología Six Sigma: Comparación entre ciclo PDCA y DMAIC*. Disponible en: Revista de Ingeniería y Tecnología, 15(2), 27-34.
- Worldofcans. (s.f.). *Proceso de fabricación de latas*. Worldofcans. Disponible en: <https://www.worldofcans.com>


Zavarce, A. (2024, 15 de marzo). *Inspección visual en END: Técnicas, innovaciones, y aplicaciones industriales*. Inspenet. Disponible en: <https://inspenet.com/articulo/inspeccion-visual-fundamentos-e-innovaciones/>

ANEXO A

Catálogo de golpes del proceso.


|  |  |           |         |               |                |
|--|--|-----------|---------|---------------|----------------|
|  <b>ENVASES</b> | <b>CATÁLOGO DE<br/>GOLPES DE PROCESO</b> |           |         | CODIGO:       | F. IMPLEMENT.: |
|  |  |           |         | <b>VQ-002</b> |                |
|  | PAG.:                                    | ED.:      | F. ED.: |               |                |
|  | 1 DE 12                                  | <b>00</b> | -       |               |                |



| Área      | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución   |
|-----------|--|---|--|
| FRONT END |  | <p><b>1. Golpe de trimmer</b></p> <p>Dos líneas horizontales en la pared baja</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisar guía superior de entrada de TM (guía triangular)</li> <li>-Revisar guías de descarga de TM</li> <li>-Revisar correcta colocación del ducto del scrap TM</li> <li>-Revisar el tiempo de vacío</li> <li>-Para identificarlo verificar de 3 botes seguidos, cuantos tienen ese golpe y solicitar ajuste.</li> </ul> |

|                  |   |  |   |
|------------------|---|--|---|
| <b>FRONT END</b> |  | <b>2. Golpe en nariz de domo</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar holgura y posición de las guías</li> <li>-Revisar presión de aire de desalajo</li> <li>-Revisar tiempo de aire de desalajo</li> <li>-Revisar el stripper</li> </ul> |
|                  |   | Dos líneas marcadas en la nariz del domo |   |

|                                 |                              |                             |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Sofía Hernández Regalado</b> | <b>Dante Aguilar Oliva</b>   | <b>Sergio Cortés García</b> |
| ELABORÓ<br>(Nombre y Firma)     | VERIFICÓ<br>(Nombre y Firma) | APROBÓ<br>(Nombre y Firma)  |

|   |                                      |      |               |                |
|---|--------------------------------------|------|---------------|----------------|
|  <b>ENVASES</b> | <b>CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO</b> |      | CODIGO:       | F. IMPLEMENT.: |
|   |                                      |      | <b>VQ-002</b> | 17-JUL-2021    |
|   | PAG.:                                | ED.: | F. ED.:       |                |
|   | 2 DE 12                              | 00   | -             |                |

| Área             | Ejemplo   | Nombre / Causa / Patrón     | Posible solución   |
|------------------|---|-----------------------------|--|
| <b>FRONT END</b> |  | <b>3. Sonrisa de payaso</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar con Tool Room los anillos.</li> <li>-Ajustar desalajo de Body Maker</li> </ul> |
|                  |   | Elipse en la boca del bote  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>FRONT END</b></p> |   | <p><b>4. Guías de descarga de trimmer</b></p> <p>Una línea horizontal en la pared baja</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisar guía superior de entrada de TM (guía triangular)</li> <li>-Checar la holgura de guías</li> <li>-Verificar el tiempo de la rueda estrella</li> </ul>  |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>FRONT END</b></p> |  | <p><b>5. Golpe en el domo</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarmar y revisar el die plug</li> <li>-Revisar el dommer y verificar que no tenga algún golpe o marca.</li> <li>-Revisar la presión de desalojo</li> </ul> |



ENVASES

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

VQ-002

17-JUL-2021

PAG.:



ED.:

F. ED.:

3 DE 12

00

-

| Área      | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución  |
|-----------|--|---|---|
| FRONT END |   | <b>6. Fractura de domo</b><br><br>Se siente un escalón o relieve con la uña al pasarlo por la fractura                | -Ajustar el dommer con laines.<br><br>-Hacer alineación del dommer<br><br>-Revisar y ajustar presión del dommer.<br><br>-Revisar tornillos de sujeción. |
| FRONT END |  | <b>7. Golpe en la parte superior</b><br><br>Dos líneas cerca de la boca del bote. Es un golpe de afuera hacia adentro | -Revisar el cierre de navajas de los cartuchos de la TM y verificar la holgura (25 – 30 milésimas)  |

FRONT END



### 8. Tallón por guías de TM

Dos líneas paralelas en diagonal en el cuerpo del bote

-Verificar la holgura de la guía de atorón de entrada de la TM



ENVASES

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

VQ-002

17-JUL-2021

PAG.:

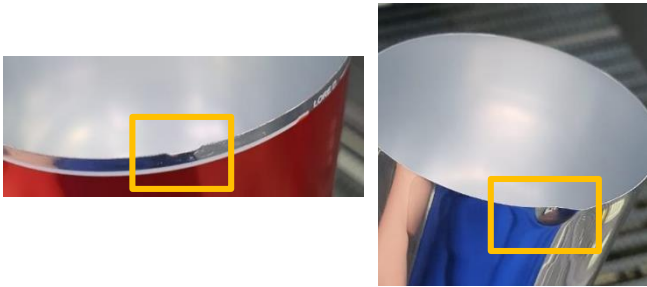

ED.:

F. ED.:

4 DE 12

00

-

| Área     | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución   |
|----------|--|---|--|
| LAVADORA |   | <b>9. Golpe de la hold down o transfer</b><br><br>Doblez en la boca del bote  | -Revisar y ajustar alturas<br><br>-Revisar placas muertas  |
| LAVADORA |  | <b>10. Bote con tallones de guías</b><br><br>Líneas visibles en el bote a la altura de las guías de los transportes | -Ajustar o abrir guías dentro de lavadora<br><br>-Evitar que se junte demasiado el bote con ajustes de velocidad |

ESPREADORAS



**11. Golpe de  
espreadoras**

Línea horizontal  
pequeña o grande  
en la pared baja del  
bote.

-Ajustar altura de  
guías de  
Nylamid,  
alimentación o de  
medialuna.



**ENVASES**

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-002**

17-JUL-2021

PAG.:


ED.:

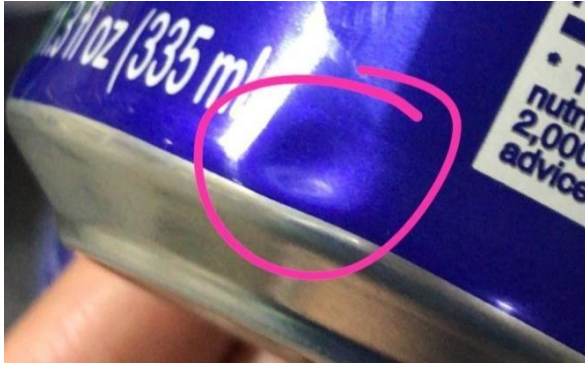
F. ED.:

5 DE 12

00

-

| Área        | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón  | Posible solución   |
|-------------|--|--|--|
| ESPREADORAS |  | <p><b>12. Golpe por mal deslizamiento en guías</b></p> <p>Se genera bote ovalado y con mala o nula aplicación de barniz</p> <p>El bote se frena y no se desliza adecuadamente por las guías, por lo que se sale de tiempo el disparo y a su vez se golpea.</p> | <p>-Ajustar alturas de guías de alimentación.</p> <p>-Limpiar misting en guías, ya que los grumos o suciedad pueden ocasionar que el bote se esté frenando</p> |



**13. Golpe por alcance**

Se presenta un círculo marcado en la parte baja.

Se puede ocasionar debido a la velocidad y/o cortinas en los enfiladores

-Se llega a presentar en los primeros botes después de un cambio de etiqueta.

-Acotar el golpe, revisando el transporte (Verificar carga axial.)

-Limpiar enfiladores

-Ajustar velocidad

-Validar aplicación de barniz UV e intensidad de lámparas UV



ENVASES

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

VQ-002

17-JUL-2021

PAG.:


ED.:

F. ED.:

6 DE 12

00

-

| Área        | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución   |
|-------------|--|---|--|
| TRANSPORTES |  | <p><b>14. Golpe por revolvedora</b></p> <p>Al venir de la revolvedora, el golpe no presenta tinta en algunas zonas, ya que se golpea provocando que no haga contacto al 100% con la mantilla.</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Limpiar revolvedoras</li><li>-Verificar el estado del jam breaker.</li><li>-Verificar movilidad.</li><li>-Revisar correcta aplicación de barniz UV e intensidades de lámparas.</li></ul> |



### 15. Cascada

Golpe de alcance. Se da por un mal ajuste de las presiones de aire de la revoladora, del track, porque se requiere limpieza o por una mala movilidad.

- Limpiar la cascada
- Revisar el ajuste del track (alturas, diámetros, presiones de aire)
- Revisar guías del track
- Revisar presiones de aire de la revoladora y el track
- Verificar movilidad



**ENVASES**

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-002**

17-JUL-2021

PAG.:

ED.:

F. ED.:

7 DE 12

00

-

| Área              | Ejemplo   | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución   |
|-------------------|---|---|--|
| <b>IMPRESORAS</b> |   | <p style="text-align: center;"><b>16. Golpe de cepillos</b></p> <p>Es un golpe que va de afuera hacia adentro; se ve “sumido”</p>   | <p style="text-align: center;">-Ajustar los cepillos</p>   |
| <b>IMPRESORAS</b> |  | <p style="text-align: center;"><b>17. Golpe de transferencia</b></p> <p>Le bota la tinta, ya que aún está fresca y se golpea con una placa de metal de la transferencia, entre la cadena y la rueda.</p> <p>-Suele traer tinta a ras del domo</p> | <p>-Verificar que la placa no esté desalineada ocasionando el golpe</p> <p>-Verificar algún perno chueco</p> |



**18. Golpe de campana**

-Ajustar guías de velocidad constante (guías tipo "L")



**ENVASES**

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-002**

17-JUL-2021

PAG.:


ED.:

F. ED.:

8 DE 12

**00**

-

| Área     | Ejemplo   | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución   |
|----------|---|---|--|
| PIN OVEN |   | <p><b>19. Golpe de perno en la boca</b></p> <p>Ocasionado por algún perno que se encuentre chueco o desalineado, ya que al tomar el bote lo golpea con su capuchón y la boca se dobla</p> | <p>-Revisar la cadena de pernos y arreglar el o los pernos que se encuentren chuecos</p> |
| PIN OVEN |  | <p><b>20. Golpe de perno en el domo</b></p>   | <p>-Revisar la cadena de pernos y arreglar el o los pernos que se encuentren chuecos</p> |

**PIN OVEN**



**21. Tallón en el bote**

Causado porque el horno se saturó de bote caído. Ocasionando que cada que pase un bote por la zona afectada lo talle.

-Vaciar el pin oven

-Verificar condiciones de operación (recirculación, etc). Que tal vez estén generando que el bote se caiga

|  |  |               |           |                |  |
|--|--|---------------|-----------|----------------|--|
|  <b>ENVASES</b> | <b>CATÁLOGO DE<br/>GOLPES DE PROCESO</b> | CODIGO:       |           | F. IMPLEMENT.: |  |
|  |  | <b>VQ-002</b> |           | 17-JUL-2021    |  |
|  |  | PAG.:         | ED.:      | F. ED.:        |  |
|  |  | 9 DE 12       | <b>00</b> | -              |  |

| Área            | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón  | Posible solución                                  |
|-----------------|--|--|---|
| <b>PIN OVEN</b> |   | <p><b>22. Golpe de perno</b></p> <p>Es un golpe de adentro hacia afuera generado por un perno chueco</p>     | <p>-Identificar y enderezar pernos chuecos</p>    |
| <b>NECKER</b>   |  | <p><b>23. Golpe con tallón</b></p> <p>Guía sucia (con rebabas) o mal colocada que golpea y raspa el bote</p> | <p>-Revisar la limpieza y colocación de guías</p> |

**NECKER**



**24. Golpe  
generado después  
de un atorón en la  
descarga**

-Verificar que no  
haya botes  
atorados en la  
descarga de  
necker



**ENVASES**

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-002**

17-JUL-2021

PAG.:



ED.:

F. ED.:

10 DE 12

**00**

-

| Área   | Ejemplo   | Nombre / Causa / Patrón      | Posible solución  |
|--------|---|------------------------------|---|
| NECKER |   | <b>25. Golpe de waxer</b>    | <ul style="list-style-type: none"><li>-Verificar alineación y posición del bote y guías.</li><li>-Revisar el vacío de la estrella después de la waxer. (En ocasiones los finos de aluminio actúan como sellos, por lo que después de la limpieza suele generarse)</li></ul> |
| NECKER |  | <b>26. Golpe en la pared</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>-Verificar alineación y posición del bote al entrar a L.T</li></ul>   |

**NECKER**



**27. Golpe de "z"**

-Alineación de guía de Nylamid de la reformadora.

-Alinear todos los pockets de la L.T



**ENVASES**

# CATÁLOGO DE GOLPES DE PROCESO

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-002**

17-JUL-2021

PAG.:


ED.:

F. ED.:

11 DE 12

**00**

-

| Área   | Ejemplo  | Nombre / Causa / Patrón   | Posible solución                               |
|--------|--|---|--|
| NECKER |  | <p><b>28. Golpe de muelas</b></p> <p>-Dos golpes marcados a ras de domo</p> <p>-Causado por una mala posición de la lata al entrar a light tester</p> | <p>-Verificar alineaciones al entrar a L.T</p> |

NECKER



**29. Golpe de campana en el chaflán del cuello**

-Causado por exceso de presión en la descarga de la applied

-Ajustar la presión de la guía de descarga de la applied, en ocasiones está demasiado apretada y genera el golpe

|  |  |  |          |      |                |  |
|--|--|--|----------|------|----------------|--|
|  <b>ENVASES</b> | <b>CATÁLOGO DE<br/>GOLPES DE PROCESO</b> |  | CODIGO:  |      | F. IMPLEMENT.: |  |
|  |  |  | VQ-002   |      | 17-JUL-2021    |  |
|  |  |  | PAG.:    | ED.: | F. ED.:        |  |
|  |  |  | 12 DE 12 | 00   | -              |  |

| Área               | Ejemplo   | Nombre / Causa / Patrón  | Posible solución  |
|--------------------|---|--|---|
| <b>PALLETIZADO</b> |   | <p><b>30. Golpe del dedo palletizador</b></p> <p>Golpe en el domo del bote, el golpe se encontrará por columna en el pallet.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Apretar dedo</li> <li>-Subir nivel del pistón</li> <li>-Realizar limpieza</li> </ul>  |
| <b>PALLETIZADO</b> |  | <p><b>31. Tallón de dedos de palletizador</b></p> <p>Raspa el bote en la pared baja, en la misma posición</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Acomodar guías de patrón formador o dedo de metal, en ocasiones es necesario desbastar ligeramente con una lija.</li> </ul> |




**CONTROL DE CAMBIOS:**

| Número de Revisión | Cambios           | Fecha de Revisión |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| 0                  | Alta de documento | 17-JUL-2021       |

# ANEXO B

## Catálogo de patrones de exposición.

|  |  |      |         |               |                |
|--|--|------|---------|---------------|----------------|
|  <b>ENVASES</b> | <b>PATRONES DE EXPOSICIÓN DE METAL</b> |      |         | CODIGO:       | F. IMPLEMENT.: |
|  |  |      |         | <b>VQ-001</b> |                |
|  | PAG.:                                  | ED.: | F. ED.: |               |                |
|  | 1 DE 5                                 | 00   | -       |               |                |

| Ejemplo  | Causa / Patrón   | Posible solución   |
|--|--|--|
| <br> | <p style="text-align: center;"><b>Lavadoras</b></p> <p>Secuencia de puntos o línea corrida en la pared inversa del domo</p> <p>Exposición de metal en el domo del bote</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar presión de los sopladores.</li> <li>-Revisar que ningún soplador se encuentre tapado.</li> <li>-Verificar la temperatura del Dryer</li> <li>-Verificar concentraciones</li> </ul>                |
|   | <p style="text-align: center;"><b>Contaminación por barniz exterior</b></p> <p>Puntos aleatorios en las paredes o en el domo, los grumos presentan relieve.</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar rodillo barnizador, posibles grumos o salpicadero de barniz</li> <li>-Mantener viscosidad del barniz de 30-35s.</li> <li>-Limpieza de cadena de pernos</li> <li>-Limpieza de mandriles</li> </ul> |

**Ejemplo**
**Causa / Patrón**
**Posible solución**

**Mandriles**

Puntos pequeños en la parte inferior, con patrón de esparido

-Limpiar de mandriles

-Limpiar de blow off



**Contaminación  
de barniz interior**

Puntos aleatorios que  
presentan relieve

-Verificar que el tote  
de barniz no se  
encuentre  
contaminado

-Cambio de tote



**ENVASES**

**PATRONES DE EXPOSICIÓN  
DE METAL**

CODIGO:

F. IMPLEMENT.:

**VQ-001**

06-JUL-2021

PAG.:

ED.:

F. ED.:

3 DE 5

00

-

**Ejemplo**

**Causa / Patrón**

**Posible solución**



**Burbujas de barniz interior**

La exposición se presenta en la nariz del domo, en las burbujas reventadas

-Modificar los pesos de barniz <150 mg

-Revisar torreta y sus distribuciones, pesos, pistolas y limpiezas



**Anillo de Sal Lavadoras**

Círculo en el domo

-Alta concentración de corinse

|  |  |               |           |                |  |
|--|--|---------------|-----------|----------------|--|
|  <b>ENVASES</b> | <b>PATRONES DE EXPOSICIÓN<br/>DE METAL</b> | CODIGO:       |           | F. IMPLEMENT.: |  |
|  |  | <b>VQ-001</b> |           | 06-JUL-2021    |  |
|  |  | PAG.:         | ED.:      | F. ED.:        |  |
|  |  | 4 DE 5        | <b>00</b> | -              |  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|   | <p style="text-align: center;"><b>Cadena de Pernos</b></p> <p>Grasa en el interior del bote<br/>/<br/>Puntos grandes en el interior del bote</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Limpieza de cadena y blow off</li> <li>-Limpieza de línea de vacío</li> </ul>  |
| <b>Ejemplo</b>   | <b>Causa / Patrón</b>  | <b>Posible solución</b>  |
|  | <p style="text-align: center;"><b>Solvent Wash</b></p> <p>Puntos bien definidos en la pared inversa del domo con la misma separación</p>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar la temperatura del IBO</li> <li>-Verificar set point</li> <li>-Meter un datapaq</li> <li>-Asegurar que los botes alcancen los 100°C en la zona 1 del horno.</li> </ul> |

|   |  |               |      |                |  |
|---|--|---------------|------|----------------|--|
|  <b>ENVASES</b> | <b>PATRONES DE EXPOSICIÓN<br/>DE METAL</b> | CODIGO:       |      | F. IMPLEMENT.: |  |
|   |  | <b>VQ-001</b> |      | 06-JUL-2021    |  |
|   |  | PAG.:         | ED.: | F. ED.:        |  |
|   |  | 5 DE 5        | 00   | -              |  |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p><b>Mal esparado</b></p> <p>La exposición se presenta de manera de esparado</p> | <p>-Verificar los ángulos de las pistolas</p> <p>-Verificar parámetros de operación</p> |
|--|---|---|

**CONTROL DE CAMBIOS:**

| Número de Revisión | Cambios           | Fecha de Revisión |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| 0                  | Alta de documento | 06-JUL-2021       |