



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID
PACKAGING DE VENEZUELA S.A.**

Autor: Yeniffer Mileno

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID
PACKAGING DE VENEZUELA S.A.**

Autor: Yeniffer Mileno

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PACKAGING DE
VENEZUELA S.A**

Trabajo de grado presentado como requisito para
optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Yeniffer Mileno
C.I: 20.486.010
Tutor: Gina De Marco
C.I: 9.090.618

San Diego, Junio del 2020



FI-I -001-2020-2CE (TG)

Valencia, 19 de junio de 2020

Ciudadana:

Mileno D., Yeniffer N.

20.486.010

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2020 de fecha 04-05-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado ***PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE PREFORMAS DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PACKAGING DE VENEZUELA S.A*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación de la Ing. Gina De Marco C.I: 7.090.618 como Tutora Académica que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luís Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Gina De Marco, portadora de la cédula de identidad N° 9.090.618, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por la ciudadana Yeniffer Mileno, portador de la cédula de identidad N° 20.486.010, titulado ***PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE PREFORMAS DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PACKAGING DE VENEZUELA S.A*** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veinticuatro días del mes de Junio del año dos mil veinte.

Gina De Marco
C.I. 9.090.618

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios. A mis padres, abuelos y toda mi familia por el apoyo incondicional durante toda mi carrera, estando presentes en todo momento durante la culminación de este paso tan importante.

A Jesús Alvarado por su ayuda interminable, por ser mi compañero incondicional durante mi formación y la culminación de este proyecto.

A mis amigos Yexy Flores, Yury Flores, Raybeth Saleros, Ana Cadena, Yeraldin Lopez, Leornis Hernrriquez, Orlando Pérez, Ronald Gimón, Jesús Blanco, Lucio Parraga, Eliana Licon, Alejandra Alonso, Michael Romero, Ana Royuela, Andrea Ramírez, Pedro Ramírez, Luismary Ochoa, Maria Laurens, Jhonny Jaspe, Jorge Delgadillo, Cesar Muñoz, Luis Salas, Mario Rojas, Leonardo Guajardo, Desiree Pimentel, Jonathan Sánchez, Nelly González, Ángel Alvarado, Victoria Alvarado, Elena Rodríguez por sus ánimos constantes, apoyo incondicional y comprensión en todo momento.

Al profesor Alfredo Castillo por compartir sus conocimientos y experiencias de gran ayuda en mi formación académica.

A l Ing. Manuel Cuadrado por su valiosa colaboración y solidaridad y a la Ing. Ana Avendaño por su apoyo incondicional para la culminación exitosa de este trabajo.

A la Ing. Gina De Marco, Tutora académico por su valiosa asesoría, gracias por su tiempo y colaboración para el logro de los objetivos planteados.

A la Universidad José Antonio Páez, por brindarme la oportunidad de convertirme en una profesional.

A la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A por darme la oportunidad de realizar mí proyecto dentro de sus instalaciones, en especial a los Ing. José Mieres, Damir Pulido, Eudy Cardozo, David Rodríguez, José Hernández, por brindarme la información necesaria para la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado a Dios por ser mi fortaleza, a mi abuela María Olivero por su amor tan grande, por su apoyo inmensurable durante toda mi carrera, por enseñarme siempre a ser fuerte, a mi abuela Isabel por llenarme de cariños, a mis bisabuelos Ángela y Teófilo por su amor inagotable para todos, a mis abuelos que hoy están en el cielo, Pastor Frías por su inolvidable amor y por siempre recordarme que sería una mujer prospera y mi Abuelo Leonardo Mileno por todo su amor y cariño.

A mi madre Yajaira Delgado por enseñarme a ser una mujer fuerte, por guiarme siempre para salir adelante, por su apoyo con todo lo relacionado a mi vida y mi carrera, por sus ánimos que me dan aliento para seguir creciendo. Este logro es para ella. A mi padre Ricardo Mileno por todo su amor, por ser mi ejemplo de constancia y compromiso y por ser el hombre más importante y especial de mi vida. A mis hermanos Emily, Mary, Ricardo, Richard por estar siempre, por darme alegrías y ánimos durante toda mi carrera y mi vida.

A Jesús Alvarado quien me brindó su apoyo para no caer cuando todo parecía complicado, por su amor incondicional, por ser mi ejemplo de trabajo, constancia, lucha y por ser tan especial en mi vida.

A mis tíos Carlos Frías, Pastor Frías y mi hermano José Leonardo que a pesar de nuestra distancia física los llevo en mi corazón y aunque nos faltó mucho por vivir siento que siempre están presentes en todos mis momentos.

A mis tíos María Isabel Frías, Miguel Sánchez, Jackson Delgado, Sora Delgado, Rubén Olivero, Nélica Olivero, Johnny Frías, Ángela Mileno, Fanny Mileno, José Leonardo Mileno y a mis primos Antonio, Pedro, Alberto, Nelitza Campaña, por haber sido incondicionales en todo el trayecto de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESÚMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULOS

I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema	7
1.3. Objetivos de la Investigación	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. Justificación de la Investigación	8
1.5 Alcance de la Investigación	9

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación	10
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Plan de Mejora	15
2.2.2 Mejoramiento Continuo	16
2.2.3 Polímeros	16
2.2.4 Plásticos	17
2.2.5 Termoplásticos	18
2.2.6 Polietileno de Tereftalato	20
2.2.7 Morfología del PET	20
2.2.8 Manufactura	22
2.2.9 Máquinas	23
2.2.10 Máquinas sopladoras.....	24
2.2.10.1 Partes de la máquina sopladora.....	24
2.2.11 Proceso de soplado de preformas.....	24
2.2.12 Propiedades físicas de los materiales	25
2.2.12.1 Propiedades volumétricas	25
2.2.12.2 Propiedades térmicas	27
2.2.12.3 Radiación Térmica en Materiales	27

2.2.13 HFI	28
2.2.14 Scrap.....	29
2.2.15 Manejo de Materiales.....	29
2.2.15.1 Propósito del Manejo de los Materiales.....	29
2.2.16 Tipos de Desperdicios	30
2.2.17 Fallas	31
2.2.18 Planificación Estratégica.....	31
2.2.19 Productividad	32
2.2.20 Poka-Yoke.....	33
2.2.21 Manufactura Esbelta.....	34
2.2.22 Diagrama de Ishikawa o diagrama de Causa y Efecto.....	35
2.2.23 Diagrama de Pareto	36
2.2.24 Metodología del AMEF	36
2.2.25 Diagrama de Proceso.....	37
2.2.26 Técnica de las 5`S	37
2.2.27 Técnica del Grupo Nominal (TGN).....	38
2.2.28 Factibilidad de un Proyecto.....	39
2.2.28.1 Factibilidad Técnica.....	39
2.2.28.2 Factibilidad Operativa.....	40
2.2.28.3 Factibilidad Económica	40
2.3 Definición de Términos Básicos	40

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	43
3.2 Diseño de la Investigación	43
3.3 Nivel de Investigación.....	44
3.4 Técnicas de recolección de Información.....	45
3.4.1 Revisión Documental	45
3.4.2 Observación Directa.....	46
3.4.3 Entrevista no Estructurada	46
3.5 Instrumentos de Recolección de Datos	46
3.6 Técnicas de Análisis de Datos.....	47
3.7 Población y muestra	47
3.7.1 Población.....	47
3.7.2 Muestra.....	47
3.8 Fases Metodológicas	48

IV RESULTADOS

4.1 Fase I Diagnóstico de la situación actual del área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Pakcaging de Venezuela S.A	50
---	----

4.1.1 Revisión documental del proceso de soplado de preformas.	50
4.1.1.2 Descripción de la botella	64
4.1.1.3 Partes de la botella	65
4.1.1.4 Características dimensionales de las botellas 1L y 500ml.....	67
4.1.1.5 Controles de Calidad aplicado a Botellas de 1L y 500ml.....	68
4.1.2 Observación directa en el área de soplado de las líneas Pk05 y Pk06 del galpón 7.....	71
4.1.3 Registro histórico de Scrap.	77
4.1.4 Aplicación de la entrevista no estructurada	80
4.1.5 Resumen de las debilidades obtenidas en el diagnóstico.	81
4.2 Fase II. Análisis de las debilidades encontradas en el área de soplado de preformas.	82
4.2.1 Análisis del compendio de causas, basado en el diagrama causa-efecto (Ishikawa).....	82
4.2.2 Estudio del Diagrama Causa – Efecto realizado en el galpón 7 del área de soplado de la empresa Amcor Rigid Packaging Venezuela S.A.	85
4.2.3 Jerarquización de las causas principales por medio de diagrama de Pareto.....	89
4.2.4 Circuito de enfriamiento de Máquinas Sidel.....	99
4.2.5 Resumen de mejoras encontradas en el análisis.....	99
4.3 Fase III Diseñar un plan de mejoras para reducir el Scrap en el proceso de soplado de botellas 500ml y 1L	100
4.3.1 Estrategia de mejora N°1 propuesta de instalación de pulmón de aire comprimido y gestión visual en manómetros para chequeo de presión.....	101
4.3.1.1 Criterios para la selección del pulmón auxiliar de aire comprimido	101
4.3.1.2 Gestión visual en manómetros y formato de seguimiento de presión.....	104
4.3.1.3 Usos y beneficios del pulmón de aire auxiliar y gestión visual de manómetros.....	105
4.3.1.4 Ventajas productivas y económicas del pulmón de aire auxiliar y gestión visual de manómetros.....	106
4.3.2 Estrategia de mejora N°2. Propuesta de instalación de Bomba hidráulica para mantener la presión de agua constante e instalación de dispositivos para el correcto tratamiento de agua.	106
4.3.2.1 Criterios para la selección de la bomba hidráulica	107
4.3.2.2 Características técnicas del dispositivo Merus para el tratamiento de agua.....	110
4.3.2.3 Usos y beneficios de la instalación de la bomba hidráulica e instalación de anillos Merus en tuberías.	112

4.3.2.4 Ventajas productivas y económicas de la instalación de la bomba hidráulica y anillos Meros para tratamiento de agua.....	113
4.3.3 Estrategia de mejora N°3 Sustitución de lámparas infrarrojas de cuarzo por lámparas de Tungsteno de Cuarzo en la zona de horno de las maquinas sopladoras.....	113
4.3.3.1 Características de las lámparas de Tungsteno de Cuarzo	113
4.3.3.2 Usos y beneficios de las lámparas infrarrojas de tungsteno de cuarzo	114
4.3.3.3 Ventajas productivas y económicas de las lámparas de tungsteno de cuarzo.....	115
4.3.4 Estrategia de mejora N°4 Propuesta de actualización de plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria.....	115
4.3.4.1 Establecer un cronograma de Mantenimiento Preventivo	116
4.3.4.2 Establecer Cronograma de chequeos diarios	120
4.3.4.3 Ventajas productivas y económicas de la actualización del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria.	122
4.3.5 Estrategia de Mejora N°5 Propuesta de Instalación de tapa basculante automática en Tolvas.....	123
4.3.5.1 Características de la Tapa Basculante Automática para Tolvas	123
4.3.5.2 Usos y beneficios de la Tapa Basculante Automática para Tolvas .	125
4.3.5.3 Ventajas productivas y económicas de la Tapa Basculante Automática para Tolvas	125
4.4 Fase IV: Evaluar económicamente las propuestas planteadas	125
4.4.1 Inversión requerida para cada propuesta.....	129
4.4.2 Análisis de la relación Costo-Beneficio.....	130
4.4.3 Factibilidad operativa de las propuestas	131
4.4.4 Factibilidad Ambiental.....	131
4.4.5 Factibilidad Técnica	133
4.4.6 Factibilidad Social.....	134
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

1	Índice de producción de botellas buenas y Scrap del área de Soplado	5
2	Producción Requerida (vs) Producción Real	6
3	Especificación de envase Vinagre Mavesa 1L.....	67
4	Especificación de envase Agua Minalva 500ml	67
5	Defectos en las botellas	70
6	Reportes de Scrap contenidos en sistema Sap.....	78
7	Identificación de scrap por defectos críticos en las botellas Vinagre Mavesa 1L y Agua Minalva 500ML.	80
8	Resumen detallado de las causas registradas del proceso.....	85
9	Técnica del Grupo Nominal	88
10	Resultados de la Técnica de Grupo Nominal.....	89
11	Escala de Severidad, Ocurrencia y Detección. AMEF.	92
12	Análisis de Modo y Efecto de falla de Caída de Presión galpón 7.	93
13	Análisis de Modo y Efecto de falla de Caída de presión de agua galpón 7..	94
14	Análisis Modo y Efecto de falla de Falla de Horno PKO6	95
15	Análisis Modo y Efecto de falla Paradas no planificadas	96
16	Análisis Modo y Efecto de Falla Tolva por sobrecarga de preformas.	97
17	Causas potenciales generadoras de Scrap y acciones	98
18	Resumen de mejoras encontradas	100
19	Dimensiones del pulmón e aire	103
20	Tipo Scrap por caída de presión.....	106
21	Scrap por inclinación.....	112
22	Scrap por calentamiento excesivo en preformas.....	114
23	Registro de Maquinaria y equipos	116
24	Formato Mantenimiento Preventivo	119
25	Mantenimiento Correctivo	119
26	Programa de capacitación	122
27	Scrap de tipo botellas oscuras	125
28	Costo inversión primera propuesta.....	126
29	Costo de inversión segunda propuesta	127
30	Inversión tercera propuesta	128
31	Inversión cuarta propuesta	128
32	Inversión quinta propuesta	129
33	Costo total propuestas	129
34	Valoración de Impacto Ambiental	132
35	Valoración factibilidad técnica	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO

1	Indicador de Scrap del área de soplado.....	6
2	Reporte tipos de Scrap área de Soplado.....	79
3	Diagrama de Pareto en función a las causas encontradas en el proceso de soplado	90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

1	Estado Amorfo y Cristalino de Termoplásticos	19
2	Estado Amorfo y Cristalino del PET.	21
3	Estado Orientado del PET.....	22
4	Proceso de Inyección de Preformas PET.	23
5	Proceso de soplado dependiente del calor.....	27
6	Absorción vs Longitud de Onda del proceso de soplado.....	28
7	Máquina sopladora SIDEL.....	51
8	Principio de funcionamiento y proceso de Soplado.....	52
9	Proceso de recorrido de preformas en la máquina de soplado.....	52
10	Alimentación de Preformas.....	53
11	Tolva.	54
12	Columna elevadora de preformas	54
13	Rodillos orientadores de preformas	55
14	Orientación de preformas.....	56
15	Desenrollador de Preformas.....	56
16	Rail de Alimentación de Preformas	57
17	Proceso de calentamiento infrarrojo de preformas.....	57
18	Rueda de Soplado de Preformas	58
19	Unidad portamolde proceso estirado- soplado de preformas.....	59
20	Proceso estirado-presoplado de preformas	60
21	Circuito de aire de la máquina de soplado	62
22	Sistema de enfriamiento de la máquina de soplado	63
23	Descripción de botellas PET	65
24	Partes de la botella	66
25	Cuello de la botella.....	66

26	Diagrama de procesos galpón 7 área de soplado	72
27	Lámparas Zona de Horno Pk06.....	74
28	Manómetro principal de alta	75
29	Moldes de la maquina Pk05	75
30	Almacén de Scrap de botellas	77
31	Diagrama Causa-Efecto	84
32	Características técnicas de pulmón auxiliar de aire	103
33	Formato chequeo diario de Pulmón Auxiliar de Aire.	104
34	Gestión visual manómetros principales.	105
35	Criterio de selección de bomba	108
36	Instalación de Bomba Hidráulica 2HP	109
37	Tratamiento de agua anillos Merus.	111
38	Anillo Merus.	111
39	Lámparas de Tungsteno de Cuarzo	114
40	Formato Chequeos Diarios	121
41	Tapa basculante automática	124



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAS EN EL ÁREA DE SOPLADO DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PACKAGING DE
VENEZUELA S.A**

Autor: Yeniffer Mileno

Tutor: Gina De Marco

Fecha: Junio, 2020

RESÚMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general: Proponer un plan de mejoras en el área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A., para la reducción del porcentaje de Scrap en 1,30%, siendo este el porcentaje máximo de desperdicio permitido en los indicadores de gestión realizados por la empresa para la estandarización de sus procesos, ya que durante los últimos meses del año 2020 se ha evidenciado un aumento en el porcentaje del Scrap de 4,77% debido al desperdicio generado en el área de soplado. La presente investigación se enmarcó bajo la modalidad proyecto factible, apoyada en un estudio de campo y de acuerdo al nivel de profundidad se considera tipo descriptiva. La muestra tomada como objeto de estudio se enfocó en la producción de botellas del galpón siete del área de soplado ya que se genera la mayor cantidad de desperdicios, para la determinación de la problemática se aplicaron técnicas de recolección de datos que posteriormente fueron analizadas, concluyendo que se logró, mediante las herramientas de ingeniería industrial implementar un plan de mejora para la reducción de los desperdicios en el área de soplado de la empresa, se redujeron las piezas de botellas no conformes, se mejoró el proceso productivo, mediante el diseño de un plan de mejora para corregir las condiciones actuales.

Palabras Claves: Plan de mejoras, soplado, indicadores de gestión, desperdicio

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las organizaciones industriales para lograr la mayor eficiencia posible en el desarrollo de sus operaciones, deben basarse en el óptimo desempeño de su recurso humano, adecuados métodos de trabajo, uso y cuidado de la maquinaria y equipos destinados a la producción, con la finalidad de reducir desperdicios que generen resultados insatisfactorios, así obtener elevados niveles de calidad y eficiencia que hagan un aporte efectivo al cumplimiento de los objetivos organizacionales.

Cabe destacar que la mayoría de las empresas han estado aplicando metodologías y herramientas para minimizar los problemas existentes que afectan sus procesos productivos, como los desperdicios. Tal es el caso de las organizaciones empresariales dedicadas a la transformación del plástico, las cuales han logrado un drástico crecimiento en los últimos años sustituyendo, en gran parte, a los metales y vidrios en la fabricación de envases y embalaje. Este crecimiento no sólo contempla la aceleración de la producción de empaques sino que habla también del trabajo que se lleva a cabo en la industria para mejorar la calidad y demás aspectos tales como materiales y apariencia de los mismos; con el objetivo de crear mejores estrategias de posicionamiento y mejores ofertas para el cliente.

Por su parte, la empresa Amcor Rigid Plastic, ubicada en la Zona Industrial de Valencia, Estado Carabobo, fabrica una gran variedad de preformas, tapas, envases y botellas de plástico de excelente calidad, destinadas a cubrir el mercado nacional, su función principal es la transformación, inyección y soplado de Polietileno de Tereftalato (PET), para la disposición final de bebidas y alimentos de consumo humano. Sin embargo, en el área de soplado de preformas para la fabricación de envases y botellas se ha venido presentando un aumento en el porcentaje de desperdicio, reflejado en los indicadores de gestión realizados por la empresa en los últimos meses de los años 2019 y 2020, los cuales sobrepasan el

porcentaje máximo permitido, de modo que la empresa busca implementar mejoras en su proceso productivo, para garantizar la calidad de sus productos.

De acuerdo a lo antes expuesto, la presente investigación se realizó dentro de dicha empresa con la finalidad de aportar beneficios para mejorar la situación, por lo que se encuentra estructurada de la siguiente manera:

En el Capítulo I: El Problema, cuyo contenido consistió en la contextualización del problema, los objetivos, general y específicos, así como la justificación de la Investigación, el alcance y limitación.

El Capítulo II: Marco Teórico, en este se indicaron los antecedentes que brindaron soporte en función de investigaciones previas por otros autores, las bases teóricas de la investigación, y el desarrollo de los términos básicos que sirvieron de aclaratoria antes cualquier duda.

El Capítulo III: Marco Metodológico, en el cual se indicó la Modalidad de la Investigación, descritas en las cuatro fases que constituyeron el trabajo.

El Capítulo IV: Resultados, se presenta la descripción y análisis del proceso de soplado de preformas, mostrándose los datos obtenidos producto de la observación directa y de las entrevistas no estructuradas aplicadas al personal, luego se presenta las propuestas para el plan de mejora basadas en los resultados obtenidos en la investigación, las conclusiones y recomendaciones del tema tratado y posteriormente las referencias bibliográficas pertinentes.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El entorno competitivo en el que se desarrolla la actividad empresarial, surge la necesidad de responder de forma adecuada a los continuos cambios y constantes incertidumbres a los que las organizaciones han de enfrentarse, por lo cual deben tomar decisiones estratégicas adecuadas que les permita alcanzar alguna ventaja competitiva en la búsqueda de la excelencia a través de un proceso flexible de mejora continua. La mejora continua en la gestión de producción se concentra en aumentar la eficiencia de los equipos y los recursos humanos a través de un sistema que cubra los distintos factores utilizados en el proceso de producción.

En tal sentido, la Industria del Plástico ha mantenido en todo el mundo un crecimiento constante que se refleja en las cifras de aumento del consumo de todo tipo de materiales plásticos en el mundo. Este crecimiento no sólo contempla la aceleración de la producción de empaques plásticos sino que habla también de la mejora continua que se lleva a cabo en la industria para renovar la calidad y demás aspectos tales como materiales y apariencia de los mismos; con el objetivo de crear mejores estrategias de posicionamiento y mejores ofertas para el cliente, por eso, las principales tendencias mundiales imponen retos. El plástico fue descubierto en 1860 por John Wesley Hyatt, el cual fue el creador del celuloide en una solución de etanol y alcanfor, lo que dio paso a la invención del plástico.

De allí en adelante el consumo global creció de 1,5 millones de toneladas en el año 1950, cuando se hace más evidente el consumo de plástico en la industria, a 250 millones de toneladas en el 2010. En un análisis de consumo per cápita de materiales plásticos, publicado por Plastics Europe Market Research Group (PEMRG), se observa que la región de América del Norte y Europa Occidental en el año 2010 alcanzó 120 kg, con crecimientos de 2,7 y 3,6%, respectivamente. No

obstante, la zona con mayor potencial de crecimiento se encuentra en los países en desarrollo del continente Asiático. Por su parte, América Latina es un escenario en el que este crecimiento se refleja constantemente, con un incremento de actividad general de un 5% anual aproximadamente. Lo anterior evidencia no sólo la gran oportunidad de crecimiento que tiene esta industria en América Latina, sino el potencial del crecimiento mismo en todas sus ramas. Cabe destacar que en Venezuela se consumen 19 kg de plástico por habitante, y se espera que se pueda duplicar, pues es una industria transversal que trabaja con el sector de alimentos, farmacia, industria automotriz y de construcción según la Cámara Venezolana del Envase

Actualmente, la Industria del Plástico para la Asociación Venezolana de Industrias Plásticas (AVIPLA), ha presentado problemas con la escasez de materia prima, afectando seriamente la producción con una caída considerable, esto se debe a que dos de las plantas estatales que generan polietileno y polipropileno, ubicada en el oriente del país, se encuentran paralizadas desde finales de 2017. La entidad contaba con 220 industrias; de esta cifra quedan operativas 180, que actualmente laboran por debajo del 20% de su capacidad instalada.

Por su parte, Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A., ubicada en la Zona Industrial de Valencia, es una empresa líder en el sector de los empaques plásticos, cumple con sus requerimientos, debido a que la materia prima que utiliza es importada, en ella se fabrica una gran variedad de preformas, tapas y botellas de excelente calidad, destinadas a cubrir el mercado nacional, su función principal es la transformación, inyección y soplado de Polietileno de Tereftalato (PET), para la disposición final de bebidas y alimentos de consumo humano.

Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A., es una empresa comprometida a satisfacer los requerimientos y expectativas de calidad exigida por sus clientes, garantizando la inocuidad y entrega oportuna a los mismos, con un personal altamente calificado y comprometido, teniendo así un enfoque industrial de mejora continua en los procesos. Sin embargo, la empresa ha venido presentando una serie de cambios desde el punto de vista organizacional, donde de alguna

manera u otra requieren de un tiempo para estabilizar los procesos dentro de la organización.

Cabe destacar que el proceso productivo de soplado de preformas para la fabricación envases consta actualmente de seis líneas de productos, las cuales son principalmente: envases de 495g Y 250g para mayonesa, ámbar 1,5L para malta, 500ml y 1,5L para agua, 1L para Vinagre Mavesa; la fabricación de los mismos corren en seis sopladoras modelo Sidel, los cuales están divididos en galpones. Es importante señalar que durante la operación de soplado de preformas se han generado desperdicios de este material en el galpón siete, el desperdicio de preformas, denominado por la empresa scrap, va en aumento mientras que los volúmenes de producción han estado bajando en el mismo. Actualmente en el área de soplado se manejan indicadores de gestión, dichos valores son la meta que exige la empresa para la estandarización de sus procesos, en los mismos se refleja que el factor de porcentaje de

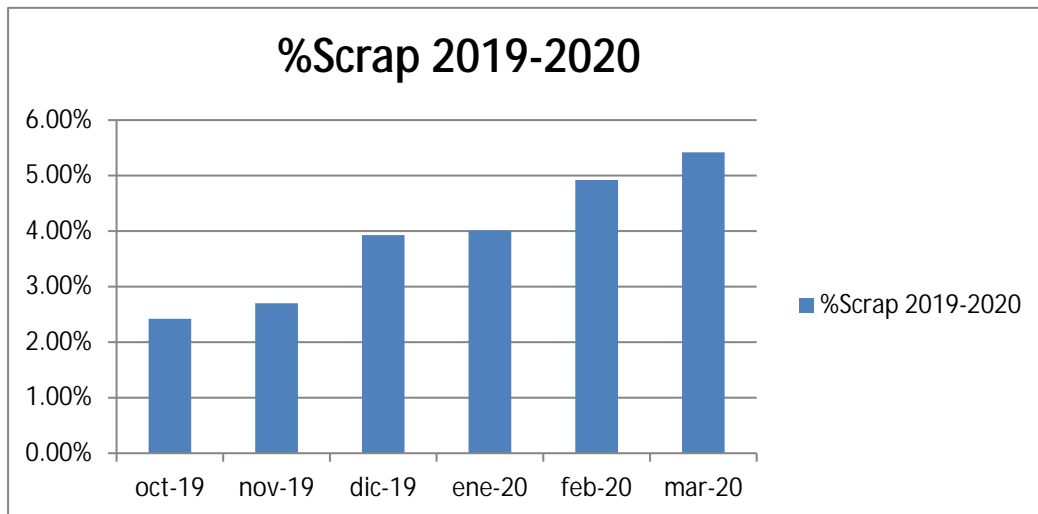


Grafico 1 Indicador de Scrap del área de soplado

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Autor: Mileno Y. (2020)

Cabe destacar que los valores obtenidos mensualmente no cumplen con los objetivos propuestos, dichos porcentajes equivalen a unidades de botellas y preformas que dejan de venderse, desperdiciando así materia prima que puede ser utilizada en otros procesos. El mayor de los desperdicios se produce en el galpón siete del área de soplado, afectando directamente la producción de botellas que debe mantener la empresa en el área de estudio, como se muestra en el cuadro2, donde se refleja la planificación en función de la producción real del área soplado en el galpón siete, de los meses de Enero, Febrero y Marzo del año 2020.

Cuadro 2 Producción Requerida (vs) Producción Real

Año 2020	Ene.	Feb.	Mar.
Requerida (pz)	5.234.000	5.234.000	5.234.000
Real (pz)	3.496.000	3.145.000	2.926.000
Diferencia (pz)	1.738.000	2.089.000	2.308.000
Porcentaje (%)	66,79	60,09	55,90
P.U. (\$/pz)	0,35	0,35	0,35
Total (\$/kg)	608.300	731.150	807.800
Total dejado de percibir:		\$ 2.137.250\$	

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Autor: Mileno Y. (2020)

En virtud de lo antes expuesto, la empresa deja de percibir ingresos

importantes de \$2.137.250 en tres meses, lo que genera una baja considerable en la producción del galpón siete del área de soplado, generando dificultades para satisfacer la demanda de envases a los clientes, esto evidencia que existe una problemática en el área, por lo que surge la necesidad de plantear una solución para minimizar dicha problemática y así lograr una baja en el aumento del Scrap en el área.

De esta manera surge la presente investigación, con la finalidad de realizar una evaluación exhaustiva al proceso productivo de la empresa para identificar los factores que están causando el aumento del desperdicio, así como los efectos en los resultados finales obtenidos, con el fin de proponer mejoras que permitan la reducción de los mismos para lograr mejorar los indicadores, las operaciones realizadas en dicha área y así satisfacer las necesidades de demanda de los clientes.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo podría disminuirse el porcentaje Scrap en el área de soplado de la empresa Amcor Rigid Packagin de Venezuela, S.A.?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer un plan de mejoras en el área de soplado de preformas, para reducir el porcentaje de scrap, en la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual del área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Pakcaging de Venezuela S.A.

Analizar las debilidades encontradas en el área de soplado de preformas.

Diseñar un plan de mejoras que conduzcan a la reducción del porcentaje de scrap, en función de los datos obtenidos durante el análisis.

Evaluar la factibilidad técnica- económica, ambiental, operativa y social del plan diseñado

1.4. Justificación de la Investigación

Todo proceso productivo debe ser evaluado periódicamente, con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares de operación y poder aplicar acciones correctivas para obtener la eficiencia requerida. La cantidad de Scrap es un aspecto primordial en la evaluación del desempeño de una organización, ya que afecta directamente a la productividad de la misma. De allí que, el desperdicio es considerado una inadecuada utilización de los recursos en una organización,

Actualmente la empresa Amcor Rigid Packaging S.A, presenta un incremento en el porcentaje de scrap, en el área de soplado de preformas, lo cual genera un impacto económico negativo con una pérdida total de \$2.137.250, lo que ha producido una baja considerable en su producción, afectando significativamente a la empresa. De esta manera, a través de las herramientas que se utilizarán en el diagnóstico es conveniente realizar una revisión de los procesos para hallar la causa raíz.

Cabe destacar que esta investigación importante para el departamento de operaciones de la empresa, ya que aporta beneficios al personal de dicha área, por otra parte desde el punto de vista técnico se aplicarán una serie parámetros que contribuirán a la elaboración de la propuesta, para luego ser ejecutados por la empresa y así minimizar la problemática y aumentar la producción.

Desde el punto de vista teórico, dicha investigación sirve de base para la construcción del diseño mediante los diferentes postulados existentes que están fundamentados en otros investigadores logrando así que sirva para futuros trabajos enmarcados por la misma línea de investigación. La presente investigación servirá de aporte a la Universidad ya que en el desarrollo de la misma se pondrán de manifiesto actividades inherentes a la carrera de Ingeniería Industrial buscando una solución real a un problema empresarial.

El trabajo especial de grado será de interés como antecedente de futuras investigaciones para los estudiantes de la Universidad José Antonio Páez y otras casas de estudio que desarrollen proyectos de investigación relacionados con la disminución de desperdicios y aumento de la producción.

1.5 Alcance de la Investigación

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en el área de soplado de la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A., el cual tiene como propósito proponer un plan de mejoras, para incrementar los niveles de productividad. Sin considerar la ejecución e implementación del estudio, ya que este quedará a disposición de la gerencia, quienes podrán implementarlo si así lo desean, de ser aplicada esta investigación, garantiza que se haga un seguimiento de los métodos expuestos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico Referencial, de acuerdo con Arias (2012) “comprende una revisión de los trabajos previos realizados sobre el problema en estudio y de la realidad contextual en la que se ubica” (p. 29). Dependiendo de la naturaleza del trabajo, este puede comprender aspectos teóricos, conceptuales, legales, situacionales de la realidad objeto de la investigación u otros según convenga al caso.

Del mismo modo, Tamayo y Tamayo (2012) explica que “el marco teórico es la parte del proceso de la investigación que representa toda la fundamentación teórica, es decir, todas las teorías que sustentan el estudio” (p. 78). Este conjunto teórico es el resultado de la revisión de las referencias disponibles, ya sean audiovisuales, impresas o electrónicas. Su función es brindar coherencia documental y veracidad a la investigación y se estructura en: antecedentes del estudio, bases teóricas y definición de términos básicos.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes se pueden concebir, de acuerdo a lo explicado por Arias (2012) como “todas aquellas investigaciones que preceden a la que se está realizando. Son los estudios relacionados con el objeto de estudio presente en la investigación” (p. 31). Por lo tanto, con el fin de destacar su relevancia y proporcionar un sustento teórico que permita una mayor comprensión, se procedió a la revisión de diversos trabajos previos relativos al objeto de estudio los cuales sirven de base para el desarrollo documental de este trabajo y presentarlos como antecedentes bibliográficos. Entre dichas revisiones se pueden mencionar las siguientes:

Giraldo, I. (2020), en su trabajo de grado titulado, **“Plan de mejoras en la línea IN08, del área de inyección de preformas, de la empresa Amcor Rigid**

Plastics de Venezuela S.A.” para Optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad José Antonio Páez, Valencia Venezuela. Dicha investigación se basó en proponer un plan de mejoras en el proceso de inyección de preformas de la línea IN08, mediante el uso de herramientas de Ingeniería Industrial, para la reducción del Scrap en la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A., debido al alto índice de desperdicio generado en la línea IN08 con la presentación de 40 g (Pepsi-Cola), durante los últimos meses del año 2019, donde se evidenció un aumento del Scrap y una pérdida de producción de la empresa.

La presente investigación se enmarcó bajo la modalidad proyecto factible, apoyada en un estudio de campo. La muestra tomada como objeto de estudio fue la presentación 40 g en la línea de producción IN08 ya que generaba mayor cantidad de desperdicios en su proceso de inyección, para la determinación de la problemática se aplicaron técnicas de recolección de datos que posteriormente fueron analizados. Dicha investigación se desarrolló en cuatro fases, diagnóstico, análisis, diseño de la propuesta y de factibilidad, concluyendo que se logró, mediante las herramientas de ingeniería industrial implementar un plan de mejora para la reducción de los desperdicios de materia prima de la línea de producción de preformas de la empresa, se redujeron las piezas no conformes, se mejoró el proceso productivo, permitiendo corregir las condiciones actuales.

A manera de aporte, el objetivo del mismo fue disminuir los desperdicios derivados del proceso de fabricación, es decir, comparte similitud con el problema presentado en la investigación que se realiza, por lo que se pudieron comparar aspectos fundamentales del proceso, diagramas de análisis y estructura del plan de mejoras del mismo.

Por su parte, Benitez, J. (2019), en su trabajo de grado titulado “ **Propuestas de mejora para la reducción de desperdicios en una línea de ensamble de filtros sellados Caso: Empresa Affinia Venezuela C.A.**” Para optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela. El trabajo de grado tuvo como objetivo plantear propuestas de mejoras para la disminución de desperdicios en la línea USA (Unidad Sellada Automotriz), con el uso de herramientas de ingeniería industrial identificó las causas raíces que

afectan con mayor impacto a la generación de los mismos. Evaluó alternativas de mejora para elegir la solución más adecuada y reducir o eliminar el desperdicio encontrado, se enmarcó bajo la modalidad proyecto factible, apoyada en un estudio de campo, planteándose tres fases: descripción, análisis y evaluación costo beneficio.

Se logró el propósito de identificar y analizar los desperdicios presentes en la línea estudiada, mediante las técnicas de los 5 ¿por qué?, diagramas de Pareto, ESIDE, entre otras, hallándose que las piezas defectuosas, las paradas no planificadas, las partes sobrantes de materia y las condiciones ambientales inadecuadas son los principales desperdicios que afectan el proceso. Además de encontrar las causas raíces responsables de la generación de los mismos y medir el impacto que estas representan, llegando a la conclusión de que la implementación de las propuestas traería una reducción de 43,27% del producto defectuoso, 16,39% en las paradas no planificadas y 95% del desperdicio de material por partes sobrantes en la línea.

El aporte que brinda este trabajo a la presente investigación se encuentra en la importancia de conocer los aspectos concernientes a la utilización de herramientas de mejoramiento continuo que permiten la identificación de los desperdicios presentes, específicamente que se requieren en el proyecto.

Así mismo, Camacho, R. (2018) en su trabajo de grado titulado “**Aplicación de un estudio de ingeniería de métodos para el incremento de la productividad en el departamento de TCF en la empresa FCA Venezuela**”. En el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, para optar al título de Ingeniero Industrial. La presente investigación tuvo como objetivo general, aplicar un estudio de Ingeniería de Métodos mediante técnicas, para el incremento de la Productividad en el Departamento de TCF de la empresa FCA VENEZUELA. El trabajo estuvo enmarcado en la modalidad de investigación proyectiva, de campo tipo documental con nivel descriptivo, con una población y muestra de 4 maquinarias y 29 personas. La investigación se desarrolló en 3 fases, aplicando un diagnóstico a través de la cual se llevó a cabo la recolección de información para el análisis de la problemática, lo que arrojó que la problemática

se presentaba en los bloques 2, 4 y 5 del área de tapicería de la empresa, problemática que estuvo estrechamente ligada a la pérdidas de costos, materiales y mano de obra, debido a las actividades que No Agregan Valor al proceso (NVAA), la Desaturación (Dest), las condiciones o defectos, y en las horas hombre empleadas para el ensamble de las unidades (EHPU), en tal sentido se aplicó un análisis lo que proyectó como conclusión la redistribución de la mano de obra en el bloque 2, la aplicación de módulos y talleres de inducción y motivación en el bloque 4, así como la reactivación del robot que se encarga de instalar el vidrio parabrisas del bloque 5.

La relación de este antecedente con la presente investigación es la aplicación de las estrategias y herramientas que aporta la Ingeniería industrial, que se requieren en el proyecto, ya que evidencian el mejoramiento continuo en el rendimiento de las líneas de producción y el aprovechamiento de los recursos disponibles en el proceso productivo.

En este mismo orden de ideas, Vasquez, S. (2017), en su trabajo de grado **“Propuesta de mejoras del proceso productivo en una empresa del sector químico bajo el enfoque de Manufactura Esbelta”** Para optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad de Carabobo. El presente trabajo tuvo como finalidad proponer mejoras en una empresa del sector químico bajo el enfoque de la Manufactura Esbelta, a fin de reducir los desperdicios establecidos en esta filosofía: inventario, tiempos de espera, transporte, procesos innecesarios, defectos, movimientos innecesarios, sobreproducción y sub-utilización del personal. Para estructurar la investigación se empleó la metodología DMAIC, utilizando en cada una de las etapas herramientas de la Manufactura Esbelta, así como las 7 herramientas de la calidad. Para el desarrollo del trabajo fue seleccionada la línea de productos de tercera calidad que fabrica una empresa del sector químico, ya que presentaba mayor porcentaje de lotes con requerimientos de ajustes fuera de fórmula para alcanzar las especificaciones de calidad.

La modalidad de la investigación se presentó como una investigación de campo, apoyándose en una investigación de tipo descriptiva, planteándose cuatro fases: diagnosticar la situación actual del proceso productivo, analizar el proceso

productivo para identificar oportunidades de mejora, plantear propuestas de mejora en el proceso productivo utilizando herramientas de la Manufactura Esbelta y evaluar el impacto de la implementación de las propuestas de mejora. Entre los resultados y conclusiones de dicho trabajo, se tuvo el ajuste y estandarización de fórmulas; redistribución de actividades y puestos de trabajos en proceso de liquidación de órdenes de trabajo, estandarización y nivelación del flujo de la producción y reubicación de zonas logísticas.

El aporte del trabajo antes citado, tiene estrecha relación con la investigación ya que ambas tienen como finalidad de reducir desperdicios mediante la implementación de herramientas de mejora continua, los cuales sirven de referencias para el presente trabajo.

Por último, Rodríguez, F. (2016), en su trabajo especial de grado titulado **“Propuesta de mejora en el área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C. A.”** Mediante la utilización de herramientas de mejora continua, para optar al título de Ingeniero Industrial en el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, extensión Valencia, tuvo como finalidad formular una propuesta de reducción de desperdicios durante el proceso de extrusión. El tipo de investigación se ubicó en la modalidad de campo y la misma se planteó en tres fases, primeramente el diagnóstico de la situación del área de extrusión, posteriormente se analizaron las actividades generadoras de residuos en el proceso mediante las herramientas de ingeniería y posteriormente se realizó una estructura de un plan de mejoras basado en la alternativas planteadas.

En relación a la población estuvo conformada por 31 personas y 49 máquinas del área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C.A. En cuanto a las técnicas de recolección de datos contó con la observación directa y la exploración documental de los reportes de producción y mantenimiento del último trimestre del año 2015 y primer trimestre del año 2016.

Como resultado de la investigación se estructuró un plan de mejoras basado en las oportunidades detectadas, el cual se conformó de la siguiente forma: crear un procedimiento de calibración de balancines, estructuración de un plan de mantenimiento de la extrusora, establecer parámetros y procedimientos para

calibración de molinos, instalar manómetros a la entrada de los molinos con respecto al nivel de capacidad.

El aporte de esta investigación, se basó en el uso de herramientas de mejora continua, realizando una estructura de un plan de mejoras basado en las alternativas planteadas, por lo que se podrán comprar con el presente trabajo de investigación.

La relación de estos antecedentes con la presente investigación, se basa en que aporta elementos teóricos en cuanto a herramientas de mejora continua, así como recolección de información y la metodología implementada para el análisis de las causas raíces de los problemas estudiados que pueden servir en la presente investigación para identificar los problemas que generan el aumento de desperdicio en el área de soplado.

2.2 Bases Teóricas

Respecto a las bases teóricas, Balestrini (2008) explica que estas “son un cuerpo de ideas explicativas coherentes, viables, conceptuales y exhaustivas, armadas lógicamente y sistemáticamente para proporcionar una explicación envolvente pero limitada, acerca de las causas que expliquen la fórmula del problema de la investigación” (p. 43); es decir, son los aspectos conceptuales y teóricos que se ubicarán en el problema de la investigación que están directamente relacionados con las variables del trabajo de grado. En el mismo sentido, Tamayo y Tamayo (2012) explica que son “el conjunto de teorías que sirven de sustento para la investigación, son el producto de la operacionalización de los objetivos y de los aportes del investigador” (p. 79).

2.2.1 Plan de Mejora

Oropeza (2012), plantea que el plan de mejoras “consiste en la planificación de un conjunto de acciones, que una vez llevados a cabo, se obtendrán beneficios como resultados” (p. 38). El autor acota, que todo plan de mejoras planificado y ejecutado es importante para la corrección de fallas existentes en alguna área específica, por los beneficios que por ende se producirán. Un plan de mejoras debe estar bien enfocado hacia las metas que se quieren alcanzar.

2.2.2 Mejoramiento Continuo

Kabboul (2010), define el mejoramiento continuo como “una conversión en el mecanismo viable y accesible al que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado” (p.192). Según la óptica de este autor, la administración de la calidad total “requiere de un proceso constante, que será llamado mejoramiento continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca” (p.96).

De este modo, Gutiérrez (2011), define el mejoramiento continuo como: “Las mejoras al proceso deben ser parte de la metodología de trabajo, ello permitirá reducir continuamente los desperdicios, los reprocesos y la mala atención al cliente, lo que conducirá a un aumento permanente de la productividad y la competitividad” (p. 39). La mejora continua implica tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todas las personas.

El proceso de mejoramiento continuo está comprendido por siete pasos:

1. Selección de los problemas (oportunidades de mejora).
2. Cuantificación y subdivisión del problema.
3. Análisis de las causas, raíces específicas.
4. Establecimiento de los niveles de desempeño exigidos.
5. Definición y programación de soluciones.
6. Implantación de soluciones.
7. Acciones de Garantía.

2.2.3 Polímeros

Son moléculas muy grandes que contienen cientos o miles de átomos. Los polímeros se han utilizado desde la prehistoria y los químicos lo han sintetizado desde el siglo pasado, son naturales, fundamentales en todos los procesos de la vida y nuestra sociedad tecnológica es por completo dependiente de los polímeros. Chang (2007) expresa que “un polímero es un compuesto molecular que se distingue por tener una masa molecular grande, que abarca desde miles a millones de gramos y está formado por muchas unidades que se repiten” (p.1030). El término polímero se deriva de las palabras griegas poly, que significa muchos, y

meros que significa parte. La mayoría de los polímeros se basan en el carbono y, por consiguiente, son considerados sustancias químicas orgánicas. Los materiales polímeros usados en ingeniería son sintéticos y están hechos mediante procesos químicos, son materiales de ingeniería relativamente nuevos comparados con los metales y cerámicos y se dividen en plásticos y hules. A efectos de la investigación se hará relevancia a los tipos de polímeros plásticos.

2.2.4 Plásticos

Son polímeros sintéticos consistentes de grandes moléculas, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada, por medio de la extrusión, el moldeo, etc. Chang (2007) señala:

“Debido a su tamaño, se podría esperar que las moléculas que contiene miles de átomos de carbono e hidrogeno formaran un gran número de isómeros geométricos, sin embargo, estas moléculas están formadas por monómeros, o unidades simples repetidas, y este tipo de composición limita de manera importante el número de posibles isómeros. Los polímeros sintéticos se obtienen al unir monómeros, uno cada vez, mediante reacciones de adición y de condensación.” (p.1040)

Por otra parte, Groover (2007), expresa que “el crecimiento de las aplicaciones de los polímeros sintéticos es impresionante, el uso de los plásticos excede al de los metales en términos de volumen. (p.184). Las razones de la importancia comercial y tecnológica de los plásticos son las siguientes:

Los plásticos se pueden moldear para conformar partes de intrincada geometría, sin necesidad de procesamientos posteriores.

Los plásticos poseen una lista de propiedades para muchas aplicaciones de ingeniería, baja densidad, buena relación de resistencia, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad eléctrica y térmica.

Requieren menos energía para su producción.

Ciertos plásticos son traslucidos y transparentes lo cual los hace competitivos con el vidrio.

Según su estado estructural, los plásticos se dividen en termoplásticos y termofijos. Groover (2007) expresa que “los termoplásticos son comercialmente los más importantes de los dos tipos, pues constituyen alrededor del 70% del

tonelaje total de los polímeros sintéticos producidos” (p.185). Es este el tipo de plástico usado en el proceso productivo de la empresa Amcor Rigid Packaging Venezuela S.A.

2.2.5 Termoplásticos

Son materiales sólidos a temperatura ambiente, pero cuando se someten a temperaturas de algunos cientos de grados se convierten en líquidos viscosos. Esta característica permite conformarlos fácilmente económicamente en productos útiles. Pueden sujetarse repetidamente a ciclos de enfriamiento y calentamiento sin que se degraden significativamente. Himmelblau (2005) señala que “la razón de dicho comportamiento es que los polímeros termoplásticos consisten en macromoléculas lineales que no se encadenan transversalmente cuando se les calienta.” (p.99).

Estado amorfo y cristalino de polímeros termoplásticos

Los polímeros pueden tener dos estructuras, amorfas y cristalinas. Aspirino (1993) señala que:

“La estructura cristalina posee un ordenamiento estricto y regular, sus átomos, moléculas o iones ocupan posiciones específicas. Las fuerzas netas de atracción intermolecular son altas, mientras que las estructuras amorfas son más estables cuando están en forma cristalina, si un sólido se forma con rapidez sus átomos y moléculas no tienen tiempo de alinearse por sí mismas y pueden quedar fijas en posiciones distintas a las de un cristal ordenado.” (p.16).

Los polímeros termoplásticos tienen la característica de ser amorfos o cristalinos según el estado de su estructura molecular a diferentes temperaturas. Cuando un polímero termoplástico se encuentra a altas temperaturas y todos sus cristales se han fundido, se encuentra en estado amorfo.

Cuando se encuentra a bajas temperaturas y con alta proporción de cristales dentro de su masa, se encuentra en estado cristalino. Cuando la temperatura del polímero está entre las temperaturas que caracterizan los dos estados anteriores, se encuentra en estado semicristalino, ya que aparecen algunos cristales dentro de una matriz amorfa como se observa en la figura 1.

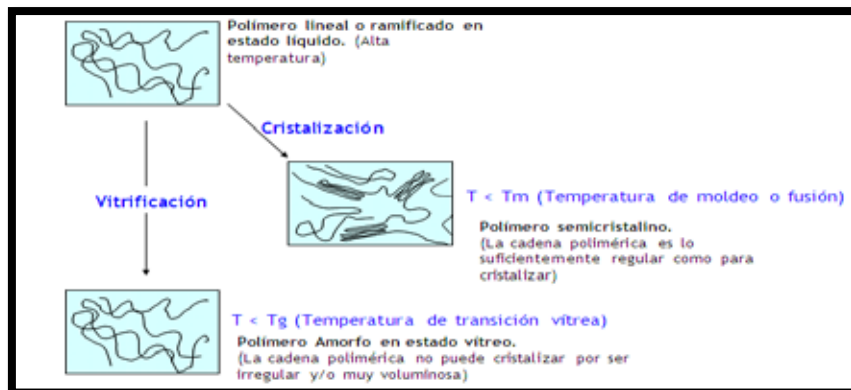


Figura 1 Estado Amorfo y Cristalino de Termoplásticos
 Fuente: Departamento de Producción de Amcor Rigid Packaging de Venezuela,

Propiedades mecánicas de polímeros termoplásticos

Las propiedades mecánicas determinan el comportamiento de un material cuando se les sujeta a esfuerzos. Groover (2007) menciona que “las propiedades mecánicas de los materiales son importantes para el diseño porque el funcionamiento y desempeño de los productos dependen de su capacidad para resistir deformaciones.” (p.38).

En el caso de las propiedades mecánicas de los termoplásticos dependen de la temperatura. Aspino (1993) explica esta propiedad mecánica de los termoplásticos de la siguiente manera: “La relación funcional debemos analizarla en el contexto de las estructuras cristalina y amorfa. Los termoplásticos amorfos son rígidos y vítreos por debajo de la temperatura de transición vítrea T_g , y flexibles arriba de dicha temperatura, la transición ocurre a una escala de temperaturas de 10°C a 20°C . Conforme se incrementa la temperatura por encima de T_g , el polímero empieza a hacerse más suave, hasta que finalmente se convierte en un fluido viscoso, a esto se le define como resistencia a la deformación. Esto es análogo al módulo de elasticidad, por debajo de la T_g el material es fuerte y elástico.” (p.36).

Por otra parte, comercialmente los productos termoplásticos incluyen artículos moldeados y extruidos, fibras, películas, materiales de empaque, pinturas y barnices. Se surten normalmente al fabricante en forma de pellets o resinas. Uno de los polímeros más comerciales en el grupo de los termoplásticos es el

polietileno. Groover (2007) señala que “el polietileno se sintetizó por primera vez en la década de los treinta, y actualmente representa el volumen de consumo más grande de todos los plásticos.” (p.202). Las características que hacen tan atractivo al polietileno como material de ingeniería es el bajo costo y el fácil procesado.

2.2.6 Polietileno de Tereftalato

Es un polímero termoplástico, Asprino (1993) señala que “el PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo, etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos, etilenglicol y ácido tereftálico, son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo” (p.45). El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia física es la de pequeños cilindros de color blancuzco llamados pellets. Una vez seca, se almacena en silos o sacos para después ser procesada. Se usa para la producción de botellas, láminas, cintas y en general para productos moldeados por inyección. Las botellas de PET se usan en un gran rango de aplicaciones tales como, bebidas carbonatadas (CSD), aguas (con gas / sin gas), licores, aceites, productos farmacéuticos, comidas y bebidas, agroquímicos, productos de tocador, cosméticos, etc.

En el uso de envases de PET se considera por las siguientes razones:

Por su gran solidez y resistencia a esfuerzos de tracción e impacto.

Por su resistencia a la deformación.

Porque se determinó como el ideal para envasar bebidas carbonatadas y aguas minerales.

Por su resistencia en función del bajo peso comparado contra otros materiales.

Por la diversidad de aplicaciones como el envasado de gaseosas, aguas, cerveza, salsas, leche, dulces, envases de cosméticos, productos farmacéuticos, químicos y agrícolas.

2.2.7 Morfología del PET

Himmelblau (2005) señala que “La morfología se encarga de definir los distintos estados del polímero.”(p.283). Anteriormente se hizo mención a ciertas temperaturas características, la temperatura de transición vítrea, T_g , y la temperatura de moldeo, T_m . Estas temperaturas son características de cada

material polimérico. Pero la Tg es una característica de los polímeros amorfos. Para el caso del PET estas temperaturas son en promedio 72°C a 80°C para la “Tg” y alrededor de 250°C a 260°C para la “Tm”.

La morfología de la matriz del polímero PET es crítica y toma formas muy especiales a través de las etapas de manufactura de envases PET.

Estado cristalino del PET

En estado cristalino los pellets son de color blanco debido al alto grado de organización y compactación, lo que le proporciona buenas propiedades térmicas y mecánicas. La estructura cristalina del pellet se forma de esferas compactas que no permiten el moldeo, la temperatura de fusión de PET es de 245°C.

Estado amorfo del PET

En estado amorfo el polímero no ha formado estructuras cristalinas. En relación al PET, amorfo significa que las fibras o moléculas son aleatorias y desarregladas a nivel microscópico. Las moléculas se encuentran con espacios libres. En otras palabras, el plástico no está cristalizado ni orientado y es la propiedad que les da una apariencia física transparente. Estas son las llamadas preformas PET. En la figura 2, se puede observar el estado amorfo y cristalino del PET utilizado en el proceso productivo de la empresa en estudio.

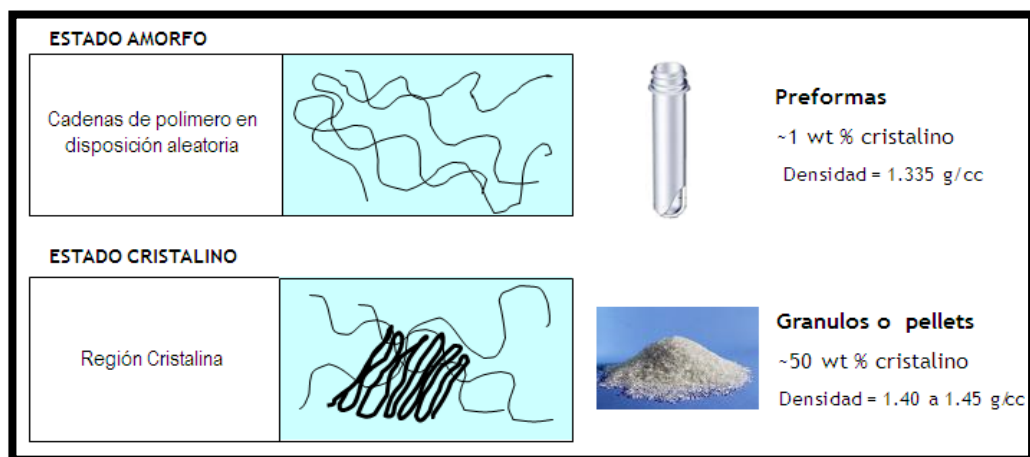


Figura 2 Estado Amorfo y Cristalino del PET.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Estado orientado del PET

En el estado orientado, botella PET, las moléculas se estiran axialmente al punto de ruptura y luego se sopla diametralmente congelando las moléculas de modo que permanecen en estado amorfo y cristalino como se muestra en la figura 4. Aspirino (2007) expresa que “cuando el PET amorfo, en el rango de temperatura de 80 – 120° C, es estirado simultáneamente en la dirección longitudinal y transversa, se creará una estructura formada por cadenas amorfas, orientada-amorfa y cristalina” (p.52). (figura3).

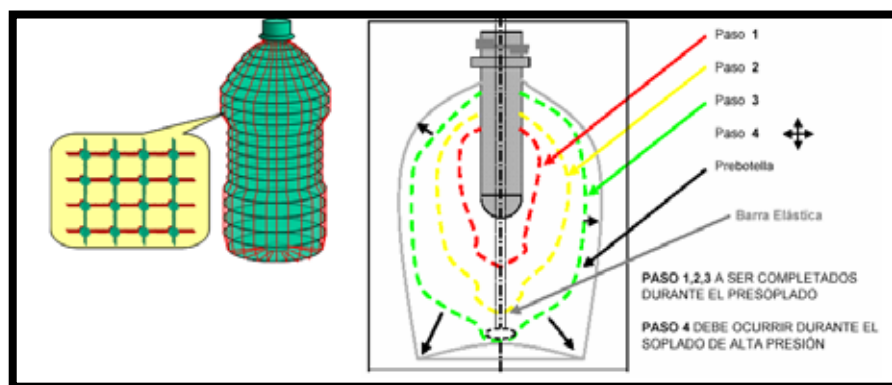


Figura 3 Estado Orientado del PET.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

2.2.8 Manufactura

Acosta (2010) en su texto “Fundamentos de Manufactura” expresa que la palabra manufactura tiene varios siglos de antigüedad, significa hecho a mano y describe en forma adecuada los métodos manuales que se utilizaban cuando se acuñó la expresión. La mayor parte de la manufactura moderna se lleva a cabo por medio de maquinaria automatizada y controlada por computadora que se supervisa manualmente.

En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos

En lo económico, la manufactura es la transformación de los materiales en artículos de valor mayor por medio de uno o más operaciones de procesamiento o

ensamblado. La clave es que la manufactura agrega valor al material cambiando su forma o propiedades, o mediante combinar materiales distintos también alterados. El material se habrá hecho más valioso por medio de las operaciones de manufactura ejecutadas en él. Cuando el plástico se modela en la geometría compleja de una botella, se vuelve más valioso.

El material principal para la manufactura de botellas en el área de soplado de la empresa es la preforma PET. La fabricación de preformas PET se realiza a través de un proceso de inyección, donde se funden la resina o pallets para luego moldear y crear las preformas que seguidamente serán sopladas, como se observa en figura 4.



Figura 4 Proceso de Inyección de Preformas PET.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

2.2.9 Máquinas

Morton (2010) señala que “el uso de máquinas se da en la segunda mitad del siglo XVIII en Inglaterra cuando se da la Revolución Industrial, esta además de ser un proceso transformador político, económico y social, marcó un antes y un después en la forma de creación de los artefactos.”(p.38).

La implementación de las máquinas tuvo una ventaja directa en el tiempo de la producción en masa, lo cual beneficiaba en los ingresos de las compañías. . Resulta conmovedor acercarse a los avances que han permitido todo tipo de herramientas tecnológicas que quizás comenzaron con un pico y una pala. Luego pasaron a ser herramientas automáticas, es decir, una gama de maquinarias altamente compleja que ya no necesitaba de tracción a sangre para activarse.

2.2.10 Máquinas sopladoras

El soplado de materiales termoplásticos comenzó durante la Segunda Guerra Mundial. El polietileno fue el primer material que se usó en el desarrollo de las primeras máquinas de soplado, La disponibilidad comercial de las máquinas de soplado, condujo en los años 60 a un gran crecimiento industrial. Hoy en día es el tercer método más empleado en el procesado de plásticos.

Durante muchos años se empleó casi exclusivamente para la producción de botellas y botes, sin embargo los últimos desarrollos en el proceso permiten la producción de piezas de geometría relativamente compleja e irregular, espesor de pared variable, dobles capas, materiales con alta resistencia química, y todo ello a un coste razonable. Básicamente el soplado está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos; una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente

2.2.10.1 Partes de la máquina sopladora

La máquina de soplado está constituida por:

Alimentación de preformas. Unidad donde se alimenta la materia prima, preformas, para el proceso de soplado.

Horno de acondicionamiento de preformas. Horno donde la preformas son calentadas.

Mesa de transferencia de preformas y artículos. Unidad donde se transfieren las preformas en los distintos procesos.

Rueda de soplado. Unidad donde de ocurre el soplado de preformas.

Salida de artículos. Unidad de salida de botellas.

Pupitre de control de mando. Control de máquina.

Túnelas. Unidad para hacer el recorrido de preformas a través del horno

Motoreductor. Motor generador de movimiento para transferencia.

2.2.11 Proceso de soplado de preformas

Para Morton (2010), consiste en obtener la preforma mediante inyección,

para luego temprar la preforma en un molde muy frío, a continuación el polímero debe recalentarse a una temperatura superior a su Tg. Una vez que se alcanza esta temperatura se produce el tensionado de la pieza en las direcciones axial y radial. Para ello, por una parte la barra central de la máquina sobre la que se obtiene la preforma se alarga y simultáneamente se introduce el aire de soplado en la pieza.

Tras la obtención de la preforma se debe impedir la cristalización del material para evitar que pudieran aparecer zonas opacas, por ello el enfriamiento al que se somete la preforma debe ser muy rápido. Una vez que se obtiene la preforma totalmente amorfa, se calienta a una temperatura ligeramente superior a la Tg (95-100°C para el caso del PET) y se le somete a tensión, lo que induce a la formación de pequeñas lamelas de cristales, suficientemente pequeñas para mantener la transparencia. Un material procesado de esta forma es mucho más tenaz y resistente que él mismo amorfo o cristalino.

2.2.12 Propiedades físicas de los materiales

Aspirino (2007) expresa que “este término es usado comúnmente para definir el comportamiento de los materiales en respuesta a fuerzas físicas distintas de las mecánicas. Incluyen las propiedades volumétricas, térmicas, eléctricas y electroquímicas.” (p.67). Los componentes de un producto deben hacer más que tan sólo soportar los esfuerzos mecánicos. Deben conducir la electricidad, permitir la transferencia de calor, transmitir la luz, y satisfacer muchas otras funciones. Las propiedades físicas son importantes en la manufactura de los polímeros porque es frecuente que influyan en el rendimiento del proceso.

2.2.12.1 Propiedades volumétricas

Estas propiedades se relacionan con el volumen de los sólidos y la manera en que las afecta la temperatura. Incluyen la densidad, expansión térmica.

Densidad

En la ingeniería, la densidad de un material es su peso por unidad de volumen, su símbolo es ρ , y las unidades comunes son g/cm³ (lb/in³). La densidad de un elemento está determinada por su número atómico y otros factores tales como el

radio atómico y la manera en la que sus átomos se compactan. La densidad es una consideración importante en la selección de un material para una aplicación dada.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec.1})$$

ρ : densidad, m: peso, v: volumen

Expansión térmica

La densidad de un material es función de la temperatura. La relación general es que la densidad disminuye con el aumento de temperatura. Dicho de otra forma, el volumen por unidad de peso se incrementa con la temperatura.

Acosta (2010) señala que: “expansión térmica es el nombre que se da a este efecto que la temperatura tiene sobre la densidad. Por lo general se expresa como coeficiente de expansión térmica, que mide el cambio de longitud por grado de temperatura, es una razón de longitud en vez de una de volumen, debido a que es más fácil de medir y aplicar.” (p.339). El cambio de longitud correspondiente a un cambio dado de temperatura lo da la ecuación:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (\text{Ec.2})$$

Donde α es el coeficiente de expansión térmica y L_1 y L_2 son longitudes, mm (in), que corresponden, respectivamente, a las temperaturas T_1 y T_2 , °C (°F).

Calor específico

El calor específico C de un material se define como la cantidad de energía calorífica requerida para incrementar la temperatura de una unidad de masa del material en un grado. A fin de determinar la cantidad de energía necesaria para calentar cierto peso de metal en un horno a una temperatura alta dada, se emplea la ecuación siguiente:

$$H = C W (T_2 - T_1) \quad (\text{Ec.3})$$

Donde H es la cantidad de energía calorífica, J (Btu); C es el calor específico del material, J/kg °C (Btu/lb °F); W es su peso, kg (lb) y $(T_2 - T_1)$ es el cambio de temperatura, °C (°F). Chang (2007) expresa que:

“La conducción es un proceso fundamental de transferencia de calor. Incluye la transferencia de energía térmica dentro de un material de molécula a molécula sólo por medio de movimientos térmicos; no hay transferencia de masa. Por tanto, la conductividad térmica de una sustancia es su capacidad para

transferir calor a través de sí misma por este mecanismo físico.”(p.867).

2.2.12.2 Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas juegan un papel importante en la manufactura de polímeros debido a que en muchos de sus procesos es común que se genere calor. En ciertas operaciones, el calor es la energía que lleva a cabo el proceso; en otros, el calor se genera como consecuencia del proceso. En la figura 5, se muestra que el calor es la energía fundamental que lleva a cabo el proceso de soplado de preformas.

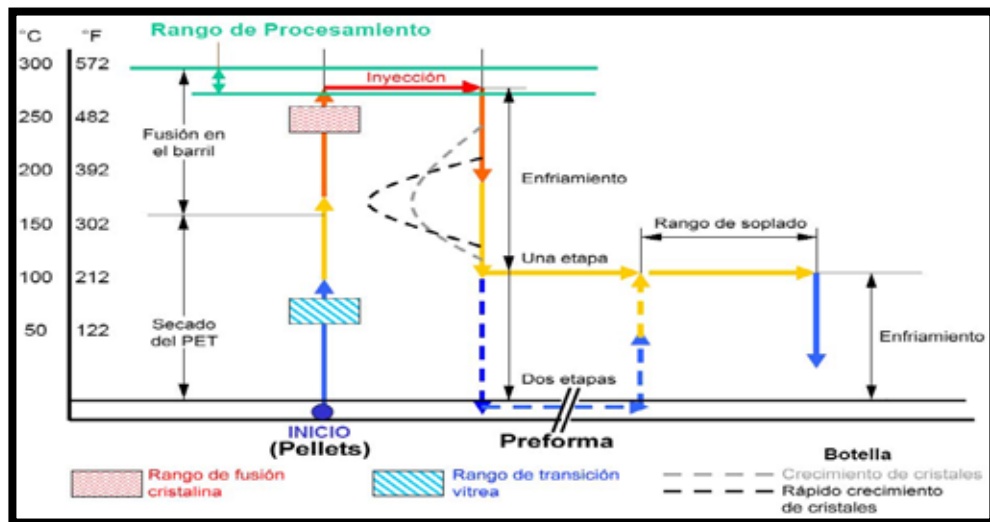


Figura 5 Proceso de soplado dependiente del calor.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, SA.

2.2.12.3 Radiación Térmica en Materiales

Baukal (2000) expresa que “La radiación térmica, se refiere a la radiación que emiten los cuerpos, debido a la excitación que sus electrones constituyentes sufren a causa de la temperatura.” (p.144). Esta emisión abarca principalmente parte del ultra violeta, del visible y todo el infrarrojo del espectro, la radiación infrarroja es un mecanismo de transferencia de calor de alta calidad en procesos de calentamiento.

La emisión de estas ondas se caracteriza por su naturaleza espectral, la cual está relacionada con la longitud o la frecuencia de onda, y con la direccionalidad

de esta, ya que la mayoría de cuerpos no emiten igual intensidad de radiación en todas las direcciones. Chapman (1990) señala que “se habla que la emisión de radiación térmica es un fenómeno volumétrico cuando la misma entra a un volumen, y se habla de un fenómeno superficial cuando la radiación se origina desde una distancia de $1\mu\text{m}$ de la superficie expuesta” (p.100).

La intensidad espectral de radiación es conocida como la energía emitida, cuando se habla de emisión se debe pensar al mismo tiempo en absorción, en pocas palabras es una propiedad que determina que tanto de la radiación que llega al cuerpo es absorbida. El proceso de recalentamiento de preformas, se hace a través de lámparas de cuarzo infrarrojas que transmiten una Longitud de onda corta (1-2 micrómetro) sobre la misma, en la figura 6, se puede observar el comportamiento de absorción de calor en pre-soplado.

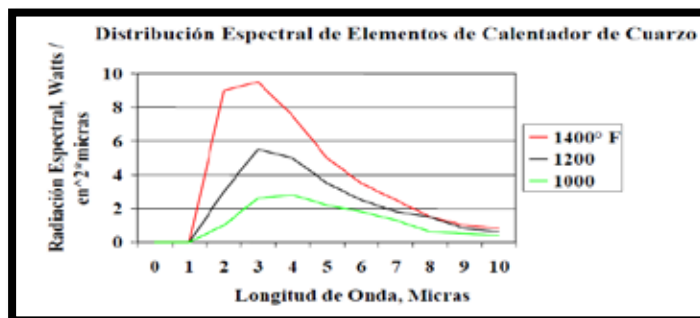


Figura 6 Absorción vs Longitud de Onda del proceso de soplado
Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor RigiD Packaging de Venezuela S.A

2.2.13 HFI

Ortiz, (2015) expresa que “el HFI hace referencia al total de Producto terminado, materia prima, separado para inspección con el objeto de determinar su conformidad disposición o destino final. Es retenido para la inspección durante el periodo en consideración, como un porcentaje de la producción actual” (p.33) y se determina mediante la ecuación siguiente:

(Ec.4)

2.2.14 Scrap

Ortiz, (2015) denomina scrap “al material proveniente de mermas de producción, desperdicios por arranque, etc, el cual equivale al porcentaje de preformas no transformada al final del ciclo en Producto Bueno” (p.32). El cálculo de porcentaje del Scrap es la suma de la preforma procesada, soplada, que fue denominada scrap, entre la suma de la preforma procesada en unidades buena por 100. Se determina mediante la ecuación siguiente:

(Ec.5)

2.2.15 Manejo de Materiales

El manejo de materiales es parte esencial de todo proceso de manufactura y ocurre cada vez que un material, parte o producto terminado se mueve o es transportado de un lugar a otro. Este se presenta antes, durante y después del proceso.

En virtud de lo antes expuesto la Sociedad Americana de Manejo de Materiales, ha definido el manejo de materiales en forma amplia como: “el arte y ciencia del movimiento, empaqueo y almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas”. Gómez y Rachadell (2002) expresan que:

“El manejo de materiales es una actividad improductiva y como tal deben hacerse todos los esfuerzos posibles para eliminarla. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que esto no es posible en la mayoría de los casos, por lo que las acciones, en este sentido, deben estar orientadas a reducirla a su mínima expresión” (p.3).

2.2.15.1 Propósito del Manejo de los Materiales

Gómez y Rachadell (2002) señalan que “el propósito de las técnicas y equipos de manejo de materiales es el suministro de los materiales necesarios en el tiempo preciso, en el lugar adecuado, así como la maximización de la utilización del espacio y la minimización del número de pasos de manejo” (p.5).

Las técnicas de manejo de materiales aplicadas adecuadamente pueden mejorar las operaciones de la siguiente manera:

Reducción de costos: el costo de una operación puede reducirse por la

eliminación de manejo innecesario o repetitivo.

Reducción de la mano de obra: buenas prácticas de manejo de materiales evitan el excesivo esfuerzo manual y generalmente reducen la mano de obra a niveles mínimos necesarios.

Incremento de la capacidad productiva: se puede incrementar la capacidad productiva en una planta con el uso eficiente del espacio disponible para el trabajo y el almacenamiento.

Reducción de desperdicio: mejorar la calidad del producto, reduce desperdicios y minimiza los daños al mismo.

Mejora el servicio a los clientes: ayudan a servir a los clientes eficientemente, asegurando que sus suministros lleguen a tiempo, en la cantidad requerida, con daños mínimos.

Mayor productividad: efectivo manejo de materiales incrementa la productividad de los empleados, mejora la utilización de la maquinaria.

2.2.16 Tipos de Desperdicios

Según Rajadell & Sánchez (2010) los tipos de desperdicios son:

1. Sobre producción: Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. Producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita y que además representa un consumo inútil de material.
2. Tiempo de espera: Es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.
3. Transporte: Es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.
4. Sobre proceso: Es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, es decir, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles.
5. Exceso de inventario: Los stocks son la forma de desperdicio más clara porque

esconden ineficiencias y problemas crónicos. El desperdicio por inventario es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas.

6. Defectos: El desperdicio derivado de los errores es uno de los más comunes en la industria, este incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de re-trabajo o de inspecciones adicionales.
7. Movimientos innecesarios: Son todos aquellos movimientos improductivos que no aportan valor al proceso sobre el resultado final. También son posiciones o acciones innecesarias o incómodas para los trabajadores.

2.2.17 Fallas

Dounce (2012) las define como “toda alteración o interrupción en el cumplimiento de la función requerida de un equipo” (p.236), esta definición nos ayudan a revisar cómo se pueden originar y como clasificar las fallas de los equipos de la empresa. El origen de las fallas se puede presentar desde un mal diseño o error de cálculo, defectos de fabricación y mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos, desgaste natural o envejecimiento por el uso, fenómenos naturales y otras causas.

Las fallas se pueden distinguir de acuerdo al contexto en el que se haga la recolección de datos. Las fallas que se presentan dentro del rango nominal de un componente se denominan fallas primarias y las fallas que se presentan en condiciones no nominales afectadas por variables como temperaturas anormales, sobrepresión, sobrecarga, velocidad, vibraciones, corriente, contaminación, corrosión entre otras, se denominan fallas secundarias. El suceso de causas secundarias no siempre hace que ocurra una falla secundaria.

2.2.18 Planificación Estratégica

Cuando se habla de lo que representa el cumplimiento de los objetivos en una empresa se reconoce que para llegar a ese punto se realizó lo que se denomina una planificación estratégica que Armillo, M (2009) relato como:

“Grandes decisiones, al establecimiento de los Objetivos Estratégicos que permiten materializar la Misión y la Visión. Por lo tanto la PE es la base o el marco para el establecimiento de mecanismos de seguimiento y evaluación de dichos objetivos, es decir, el control de la gestión no se puede realizar sin un proceso previo de planificación estratégica.”(p.8)

Es por ello que en los procesos operacionales una planificación estratégica es crucial y no sólo su creación, sino su manera de aplicarla y llevarla a cabo que finalizara con el cumplimiento de los objetivos pautados por la organización, es porque la planificación estratégica no solo se centra en el proceso sino también en los factores externos a la organización; Armillo (ob. Cit) también comentalo siguiente:

“La planificación estratégica es una herramienta que ayudará al establecimiento de prioridades, objetivos y estrategias como apoyo a la definición de los recursos necesarios para lograr los resultados esperados, por lo tanto debe ser un proceso simple e incorporado en la rutina de la toma de decisiones directivas en el proceso presupuestario.” (p.11)

Aunque se cuente con una gran planificación para el cumplimiento de los objetivos siempre se debe tener una amplia visión y tener en cuenta la estructura organizacional con la que se maneja la compañía porque esta afectará a los distintos procesos que se procedan a realizar para bien o mal de la organización, porque esta estructura define las líneas de manda que son las que fomentan a tener una mejora para seguir en el mercado competitivo y salir ganadores.

2.2.19 Productividad

Burgos (2009) plantea que “desde el punto de vista económicos la productividad es la relación que existe entre los productos o bienes obtenidos y la cuantía de los recursos utilizados.”(p.17). El incremento de la productividad puede lograrse cuando:

Aumenta la producción sin aumentar los insumos.

Aumenta la producción y disminuyen los insumos.

Aumenta la producción en proporción mayor que los que aumentan los insumos.

Decrece la producción pero en proporción menor a los que decrecen los insumos.

Por su parte, Sequera (2012), plantea que “con frecuencia la introducción de nuevas formas de trabajo conduce a simplificar los procesos productivos y procedimentales vigentes e integrar tales cambios en una estrategia tecnológica o administrativa, todo lo cual impacta las formas y esquemas organizativos tradicionales” (p. 45). Se interpreta que, es fácil apreciar que esta herramienta gerencial es de fundamental importancia en el diseño o rediseño de los procesos productivos, en atención de que de su efectiva aplicación dependerá que la distribución de los diversos elementos procedimentales para el desarrollo de los procesos de producción de una determinada empresa esté acorde con sus características, potenciales y debilidades; es decir, hechos a la medida de la misma.

2.2.20 Poka-Yoke

Inicialmente lo trabajó el Ingeniero Industrial Shigeo Shingo en la fábrica de TOYOTA en la década de 1960. Poka-yoke es un término japonés que traduce “a prueba de errores”.

Poka: Equivocación, errores inadvertidos.

Yokeru: evitar.

Según Smiller (2013) Inicialmente se deben identificar la fuente de los defectos, sean por los materiales (dañados, equivocados, fuera de especificación y obsoletos), en la mano de obra (mala capacitación, errores inadvertidos por descuidos voluntarios o involuntarios, mala operación de los equipos, equivocaciones, etc.), en los métodos (falta de estandarización, métodos y técnicas poco comprensibles u obsoletos, métodos incompletos) y en la maquinaria (mantenimiento inadecuado o inoportuno, malos ajustes, cambios de deficientes, elementos contaminantes, instalaciones inadecuadas, etc.).

Un Poka-Yoke es una técnica de inspección para mejorar la calidad que se aplica con el fin de prevenir errores en la operación de un sistema, o para hacer que éstos no pasen inadvertidos y puedan ser corregidos. Su finalidad es entonces la eliminación de los posibles errores y condiciones que los generan- en tanto son

estos los causantes de los defectos presentes los productos finales.

Si bien ayuda a evitar defectos en el producto final, también pone gran parte de la carga de inspección en el sistema de producción, facilitando y reduciendo la carga del personal. De este modo se logra mejorar los resultados de las tareas de inspección, permitiendo que los operarios dirijan más de sus esfuerzos en actividades que agreguen mayor valor al producto.

Este tipo de sistemas se convierte en importantes apoyos a la gestión de procesos, pues al eliminar los defectos no sólo se evita incurrir en costos asociados a los desperdicios, sino también en aquellos generados por concepto de los re-procesos y consumo de recursos adicionales.

Los 8 principios filosóficos del poka-yoke.

1. La construcción de la calidad se hace dentro de los procesos.
2. Todos los errores sin intención y los defectos pueden ser eliminados.
3. Deje de hacerlo mal y empiece a hacerlo bien.
4. No piense en excusas, piense en cómo hacerlo bien.
5. Una posibilidad del 51% de éxito es suficientemente buena para emprender una idea.
6. Los errores y defectos pueden ser reducidos a cero cuando entre todos se trabaja conjuntamente para eliminarlos.
7. Varias cabezas piensan mejor que una.
8. Persiga la causa real de los problemas.

2.2.21 Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta, de acuerdo con Sanders (2015) “son herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere”. (p. 68). Asimismo, permiten reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes del sistema de producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda. El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de

excelencia de manufactura, basada en:

1. La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
2. El respeto por el trabajador: Kaizen.
3. La mejora consistente de Productividad y Calidad.

Objetivos de Manufactura Esbelta

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. Asimismo, proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Adicionalmente:

1. Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
2. Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
3. Crea sistemas de producción más robustos.
4. Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
5. Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad

Beneficios Manufactura Esbelta

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

1. Reducción de inventarios.
2. Reducción del tiempo de entrega (lead time).
3. Mejor Calidad.
4. Menos mano de obra.
5. Mayor eficiencia de equipo.
6. Disminución de los desperdicios.
7. Sobreproducción.
8. Tiempo de espera (los retrasos)
9. Mala calidad.

2.2.22 Diagrama de Ishikawa o diagrama de Causa y Efecto

Rivero (2013) establece que el diagrama de Ishikawa, “fue desarrollado para

representar la reunión entre algún efecto y todas las posibles causas que lo influyen” (p.17). El efecto o problema es colocado en el lado derecho del diagrama y las influencias y causas principales son limitadas a la izquierda.

Por su parte, los diagramas de causa y efectos son trazados para lustrar claramente las diferentes causas que afectan a un proceso, identificándola y relacionándolas unas con otras. Para cada efecto surgirán varias categorías de causas principales que pueden ser resumidas en las llamadas cinco (5) 's: mano de obra, maquinaria, métodos, materiales y medio ambiente. Un diagrama causa-efecto bien desarrollado tomará forma de un esqueleto de pescado. Se define bien la lista de posibles causas, las más comunes son clasificadas y seleccionadas para un análisis mayor. Se trata de curar las causas, y no los síntomas que contiene el problema.

2.2.23 Diagrama de Pareto

Maneiro y Mejías (2010), define lo define como:

“El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.”

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas.

2.2.24 Metodología del AMEF

De acuerdo, con Serena (2011), Un Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales (AMEF) de proceso, “es una técnica analítica utilizada por el equipo responsable de ingeniería de manufactura como un apoyo para asegurar, hasta donde sea posible, que los modos de falla y sus causas o mecanismos han sido considerados y dirigidos” (p. 45). Acota el autor que, en su más rigurosa forma, un AMEF es un sumario de las experiencias del equipo de ingeniería (incluyendo un análisis de las características que pueden fallar, basados en la experiencia y en procesos similares anteriores). Este sistema proporciona y formaliza la disciplina mental que un ingeniero debe tener en cualquier proceso de planeación de

manufactura.

Es importante por las siguientes razones:

Identifica modos de falla potencial relacionados al producto.

Evalúa los efectos potenciales de las fallas en los clientes.

Identifica las causas potenciales de los procesos de manufactura o ensamble e identifica variables del proceso para enfocar los controles para reducir la ocurrencia o la detección de las condiciones de la falla.

Desarrolla una lista de modos potenciales de falla, para establecer un sistema preventivo de las acciones correctivas consideradas.

Documenta los resultados de los procesos de manufactura o ensamble.

2.2.25 Diagrama de procesos

Burgos F. (2012), expresa que el diagrama de proceso “Es la representación gráfica del orden de todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante un proceso y comprende información considerada necesaria para el análisis como son: tiempo, cantidad y distancias recorridas” (p. 40). Existen dos tipos de diagrama del proceso:

1. El tipo Material describe el proceso en término de los eventos que se sucede sobre el material. La descripción se hace por lo general en voz pasiva.
2. El tipo Hombre describe el proceso en términos de las actividades que realiza el hombre. Es una descripción en voz activa.

En el diagrama no se sigue a un solo hombre, o a un solo material en particular, sino en general a los hombres y a los materiales que interviene en el proceso. El mismo autor señala que el diagrama del proceso, no es un fin en sí mismo, sino que constituye un medio para lograr un fin. Es solo una herramienta de análisis que permite:

1. Mejorar las actividades relacionadas con el manejo de materiales.
2. Obtener una mejor distribución en planta.
3. Hacer más eficiente el almacenamiento.
4. Reducir los tiempos de demora.
5. Poner en evidencia costos ocultos, como los relacionados al transporte.

2.2.26 Técnica de las 5`S

De acuerdo con Machado, Y. (2013), este concepto se refiere a “la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor calidad de vida al trabajo” (p.57). Las 5'S consisten en:

1. Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri
2. Ordenar: Seiton
3. Limpieza: Seiso
4. Estandarizar: Seiketsu
5. Disciplina: Shitsuke

Cuando el área de trabajo está desorganizado y sin limpieza la eficiencia en se reduce, el objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Es una técnica para la mejorar de las condiciones de trabajo a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.

2.2.27 Técnica del Grupo Nominal (TGN)

Serena (2011) expresa que “es una estrategia para conseguir información de una manera estructurada, en la cual las ideas son generadas en un ambiente exento, donde las personas exponen sus ideas tanto de forma oral como escrita” (p.36). La técnica garantiza una participación balanceada de todas las personas del grupo, por lo que se aprovecha al máximo el conocimiento y la experiencia de cada uno de los participantes.

Las etapas para la elaboración de La técnica del grupo nominal son:

Etapas 1: Definir el problema o la decisión que se va a tomar, el problema deberá ser claramente definido y entendido al principio de la sesión.

Etapas 2: permitir que el grupo genere las ideas silenciosamente, permitir que cada miembro del grupo escriba sus ideas. Las ideas deberán ser unas pocas palabras o una frase corta.

Etapas 3: Establecer y registrar las ideas, utilizando la técnica de ronda en orden, los miembros del grupo aportan una idea de su lista.

Etapas 4: Clarificar cada idea sobre la lista, el objetivo es clarificar cada idea en

caso de que la frase no esté clara. No se trata de ninguna manera de argumentar. Esta etapa deberá ser conducida por el líder o facilitador, leyendo cada idea en voz alta, preguntando si hay dudas y completando la lista hasta el final.

Etapa 5: Calificar las ideas silenciosamente; hacer una lista con las calificaciones, asignar una letra a cada una de las ideas que aparecieron sobre el tablero.

Etapa 6: Comprobar los resultados, en esta etapa, cada miembro del equipo leer en voz alta sus calificaciones.

Etapa 7: Finalizar la sesión, hacer una lista de todas las ideas que su equipo ha acordado sobre un papelógrafo, en orden descendente. Discutir el voto abiertamente. El propósito de la discusión es ver si hay claridad y el voto es consistente.

2.2.28 Factibilidad de un Proyecto

El análisis de factibilidad en el estudio de un proyecto determina si el mismo será bueno o malo, y en cuales condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso y si contribuye con la propuesta señalada. Sobre el tema Arias, F (2012), explica lo siguiente:

“El resultado de los estudios de factibilidad es la base de las decisiones que se tomen para su introducción, por lo que deben ser lo suficientemente precisas para evitar errores que tienen un alto costo social directo, en cuanto a los medios materiales y humanos que involucren; así como por la pérdida de tiempo en la utilización de las variantes de desarrollo más eficientes para la sociedad. (p. 44).”

2.2.28.1 Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica contiene toda aquella información que permite establecer la infraestructura necesaria para el proyecto, así como cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación del mismo. Arias, F (2012), sobre el tema indica:

“Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son obligatorios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes (p. 48).”

2.2.28.2 Factibilidad Operativa

Sobre este tópico Arias, F (2012) explica que la factibilidad operativa:

“Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo (p. 49).”

2.2.28.3 Factibilidad Económica

Al determinar la factibilidad económica de un proyecto, se verifica si es o no rentable, y si siendo conveniente es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio; es importante reiterar que el objeto de este punto es cuantificar la inversión. En este contexto, Arias, F (Op. Cit. 2012), explica en base a la factibilidad económica:

“Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos (p. 47).”

Los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto. Con análisis de costos/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación de ellos.

2.3 Definición de Términos Básicos

Calidad: Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con unos requisitos.

Control: Proceso de monitorear las actividades de la organización para comprobar si se ajusta a lo planeado y para corregir las fallas o desviaciones.

Desperdicio: Recurso mal aprovechado. Está referido a las actividades de un proceso que generan costo, pero no valor

Eficiencia: Mide el nivel de utilización de una planta productiva, de una sección o de un recurso, este casi siempre se da en porcentaje.

Estándares: Son reglas, modelos y criterios, contra los cuales son efectuados

comparaciones y estimaciones.

Expansión térmica: Es el incremento en el volumen de un material a medida que aumenta su temperatura; por lo general, se expresa como un cambio fraccionario en las medidas por unidad de cambio de temperatura.

Indicador de gestión: Es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

Materia Prima: Material que se utiliza para elaborar los envases.

Resistencia a la tensión: Resistencia al corte o ruptura de cualquier sustancia al ser sometida a fuerzas opuestas.

Preforma: El moldeo por soplado es un proceso en el que se utiliza la presión del aire para expandir el plástico en la cavidad de un molde. Este proceso se utiliza en la fabricación de piezas plásticas huecas con paredes delgadas y de una sola pieza, tales como botellas y recipientes.

Permeabilidad: Flujo de gases o fluidos específicos a través de cualquier sustancia sólida dada.

Proceso: Conjunto lógico y sistemático de macro actividades requeridas para la elaboración de cualquier producto en el área de producción.

Producción: Conjunto de actividades que recibe uno o más insumos y utiliza ciertos recursos formando una cadena orientada a obtener un producto de valor para otro usuario.

Scrap: Es el desperdicio o material rechazado, es decir, suma de materiales que por algún motivo incumplen las especificaciones de calidad". El mismo está asociado a un proceso en particular y su cuantificación se hace a través del pesaje o el conteo directo de los productos rechazados.

Turnela: Es una pieza crítica de la sopladora, transporta las preformas en el interior del horno para calentarlas de forma eficiente antes del soplado.

Tubo de Cuarzo: Lámparas infrarrojas parte fundamental del horno en la máquina de soplado.

Viscosidad Intrínseca: Es un indicador del peso molecular correspondiente a la

longitud promedio de la cadena molecular, determina el desempeño en las propiedades mecánicas de la botella.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Toda investigación científica requiere establecer las relaciones existentes entre ellos, y las evidencias confiables, objetivas y válidas en función del problema investigado. Para obtener esto, es necesario delimitar los procedimientos de orden metodológico, mediante los cuales se intentan dar las respuestas a las interrogantes de la investigación. En vista de ello, la metodología es el área del conocimiento que estudia los métodos generales de sus disciplinas científicas. Hurtado (2010) explica que “esta incluye los métodos, las técnicas, las tácticas, las estrategias y los procedimientos que utilizará el investigador para lograr los objetivos de su estudio” (p. 97).

3.1 Tipo de Investigación

La investigación se basó en un diseño de proyecto factible, el cual es considerado por la Universidad Experimental Libertador UPEL (2014), como:

“una propuesta de un modelo operativo viable o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer las necesidades de organizaciones o grupos sociales. La propuesta debe tener apoyo, bien sea de la investigación de campo o una investigación de tipo documental y puede referirse a las políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (p.16).

Los proyectos factibles se definen como la investigación, preparación, y mejora de una situación, cuya intención es la búsqueda de soluciones a las dificultades. El presente estudio plantea una propuesta a nivel productivo que ayuda a solucionar los problemas de los diferentes procesos empresariales.

3.2 Diseño de la Investigación

Desde la perspectiva del diseño de investigación, el estudio propuesto tiene las

características de un diseño de campo, el cual, de acuerdo con Arias (2012), “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables” (p. 32) Esto se justifica en el hecho, que los datos fueron recolectados dentro de la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A. En este sentido, una de las principales características de los trabajos de campo es que los datos de interés para la investigación son recogidos en forma directa de la realidad; se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios.

De igual forma, se considera que es una investigación de tipo documental dado que encaja dentro de la descripción dada por Baena (2011) “es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información”(p. 27). Por ende, guarda relación con una de las actividades a realizadas para sustentar la investigación como la revisión de libros relacionados con el proceso productivo en estudio y de los documentos existentes dentro de la empresa.

3.3 Nivel de Investigación

Por su parte, el nivel de investigación consiste en la definición de la profundidad del estudio que se propone. Además, Arias (2012) explica que “El tipo de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. Aquí se indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa. En cualquiera de los casos es recomendable justificar el nivel adoptado” (p. 19). El nivel de esta investigación es el descriptivo. Referente a su naturaleza descriptiva, en el planteamiento hecho por Méndez (2002) el autor explica lo siguiente:

“el estudio descriptivo identifica características del universo de investigación, señala formas de conducta y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos y descubre y comprueba la asociación entre las variables de investigación. De acuerdo con los objetivos planteados el investigador señala el tipo de descripción que se propone realizar.” (p. 137).

Se implementó este tipo de investigación, ya que fue diagnosticada la situación actual de los procesos y actividades que se desarrollan en el área de estudio de la empresa, luego se evaluó la factibilidad que implica una propuesta de mejoras, es decir, se encuentra inmerso en un nivel descriptivo, dado que en este proyecto el investigador obtiene una visión más amplia sobre la situación actual. Basado en lo anterior, se puede decir que el objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes en el fenómeno estudiado, a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

3.4 Técnicas de recolección de Información

En cuanto a las técnicas de recolección de información, Sabino (2010) explica que son “en principio cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p. 143). En este sentido, resume el análisis teórico realizado por los investigadores en relación con las variables estudiadas y el diseño de la investigación. Por otra parte, Méndez (2002) expresa que “la información es la materia prima por la cual puede llegarse a explorar, describir y explicar hechos o fenómenos que definen un problema de investigación.” (p. 153). Las técnicas utilizadas en la presente investigación fueron la observación directa, revisión documental y la entrevista estructurada, las cuales facilitaron las bases para la determinación de la realidad estudiada.

3.4.1 Revisión Documental

Méndez (2002) señala que “toda investigación implica acudir a este tipo de fuentes, que suministran información básica. Se encuentra en las bibliotecas y está contenida en libros, periódicos y otros trabajos documentales, como trabajos de grado, revistas especializadas, etc.” (p. 153). A partir de esta técnica, se procedió a recopilar información documental dentro y fuera de la empresa, dicha información es correspondiente a la problemática del presente trabajo que ayudo a cumplir con los objetivos establecidos.

3.4.2 Observación Directa

Méndez (2002) expresa que “el hombre a través de sus sentidos capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente.” (p. 154). La observación puede definirse como el uso sistemático de los sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación. Méndez señala que:

“la ventaja principal de esta técnica, en el campo de las ciencias del hombre, radica en que los hechos son percibidos directamente, sin ninguna clase de indeterminación, colocándonos ante la situación estudiada, tal como está naturalmente.” (p. 154)

La observación directa es cuando el investigador forma parte activa del grupo observado y asume sus comportamientos. Para la aplicación de este método en la presente investigación, se realizaron visitas al área de soplado, para observar el proceso de soplado de botellas, las máquinas, las líneas de producción de las mismas, con el fin de visualizar los problemas existentes, de esta manera se generaron las propuestas.

3.4.3 Entrevista no Estructurada

Las entrevistas no estructuradas suelen describirse como conversaciones para recopilar datos sobre el estudio de investigación, Méndez (2002) señala que “no hay una pauta a seguir por parte de los investigadores y, por lo tanto, pueden acercarse a los participantes de cualquier manera ética para obtener la mayor cantidad de información posible para el tema de investigación.” (p. 156). En ese sentido, para el presente trabajo se utilizó la entrevista no estructurada para recopilar información de importancia sobre las etapas del proceso, estándares, conformado por preguntas abiertas al personal experimentado que desempeña sus funciones en la empresa, que permitió detectar de manera inmediata la situación.

3.5 Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo con Tamayo (2012), un instrumento es un formato en el que se registran datos de forma sistemática, son de gran utilidad para registrar los hechos de forma clara y se diseñan basándose en la operación de las variables, la

recolección de datos de la presente investigación se hizo por medio de libretas, computador, videos del área de soplado, registros fotográficos y grabador de audio.

3.6 Técnicas de Análisis de Datos

Para Arias (2012) las técnicas de análisis “son las que describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan de la clasificación, registro, tabulación, codificación, entre otros, de una investigación” (p.111), en la presente investigación empleó, el diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa (causa y efecto), técnica de Grupo Nominal, metodología AMEF de procesos, de esta manera se identificó la raíz de causas que generaran el aumento de desperdicio en el área soplado de preformas.

3.7 Población y muestra

3.7.1 Población

La población o universo en un estudio cuantitativo, es la totalidad de personas u objetos con características comunes, que pueden ser de utilidad para obtener información respecto a la investigación. De acuerdo con Balestrini (2008), la población “puede estar referida a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación” (p. 122). En tal sentido, la población objeto de estudio se enfocó en el galpón siete, donde se encuentran las líneas de producción 5 y 6 del área de soplado.

3.7.2 Muestra

Por su parte, la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población, y tiene sus mismas características. En este sentido, Arias (2012) define a una muestra representativa como “aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido” (p. 37).

En cuanto a la muestra representativa seleccionada en la presente investigación, se enfocó en la producción de botellas en el galpón siete, donde se encuentran las líneas de producción 5 y 7 del área de soplado.

3.8 Fases Metodológicas

El procedimiento de la investigación consiste en la definición del proceso metodológico que se debe cumplir para alcanzar los objetivos específicos propuestos en el estudio. en este sentido, Arias (2012), indica que “es el conjunto de decisiones pasos, esquemas y actividades a realizar en el curso de la investigación, el procedimiento de la investigación no es más que el establecimiento del criterio según los cuales deben desarrollarse el curso de acción de una investigación” (p. 111). Además, establece las funciones del diseño, se ocupa del abordaje de verificación que permite constatar hechos con teorías y sus formas. En vista de lo anteriormente planteado, la presente investigación se estructuró en cuatro fases, las cuales son descritas brevemente a continuación.

Fase I Diagnóstico de la situación actual del área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Pakcaging de Venezuela S.A.

En esta primera fase, se estudió detalladamente el funcionamiento de cada uno de los procedimientos que se llevan a cabo durante el proceso de producción en el área de soplado de preformas del galpón siete, mediante la técnica de observación directa, entrevista no estructurada al personal involucrado en el proceso productivo, quienes manejan información relevante para el estudio, (operarios, supervisores, controladores, analistas de calidad, programador, ingenieros de proceso, gerente de planta), y mediante la revisión de documentos existentes en la empresa, como reportes de producción, lo que permitió determinar las causas que generan el problema.

Fase II Análisis de las debilidades encontradas en el área de solapado de preformas.

Una vez obtenido el diagnóstico, se procedió al análisis de la información recolectada por medio de herramientas como, diagrama de Ishikawa (causa y efecto), técnica de Grupo Nominal, metodología AMEF de procesos y el diagrama de Pareto, con las que se identificó la raíz de causas que generaran el aumento de desperdicio en el área soplado de preformas. En primera instancia, se aplicó el diagrama de Ishikawa con el propósito de organizar y ordenar, según su incidencia, las oportunidades de mejoras identificadas que generan la

problemática. De allí, se elaboró de la Técnica de Grupo Nominal y el diagrama de Pareto, que de acuerdo a lo planteado en cada una de las causas del diagrama anterior, se detectaron los problemas de mayor impacto.

Una vez conocidas las causas que originan el mayor porcentaje de incidencia en el problema se procedió a evaluarlas mediante la técnica de Análisis de Modo de Efecto y Falla (AMEF), se aplicó dicha técnica, para determinar las fallas potenciales del proceso productivo en el área de soplado.

Fase III Diseño de un plan de mejoras que conduzcan al aumento de la productividad, en función a los datos obtenidos durante el análisis.

En esta fase, a partir de la identificación y selección de la información recopilada en la fase II, se desarrollaron cada una de las propuestas de mejoras que dieron solución a la problemática en el galpón siete del área de soplado de preformas, donde se logró disminuir el scrap y mejorar los indicadores de gestión.

Fase IV Evaluación de la factibilidad técnica-económica, social y operativa

Para esta fase se determinaron los costos asociados al plan de mejora propuesto, a los fines de comprobar la factibilidad técnica y económica, estableciendo los beneficios que se pueden obtener mediante la aplicación de la misma. Para ello, se realizó un estimado de costos, tomando en consideración los costos directos e indirectos derivados de las actividades requeridas en la propuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo del estudio se da a conocer los resultados de la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, en concordancia con lo especificado en la metodología del trabajo. En el mismo se consideran los aspectos más importantes vinculados a los objetivos específicos y a los resultados que persigue la investigación, los cuales están constituidos por el diagnóstico de la situación actual en el área de soplado, específicamente en el galpón 7, análisis de las debilidades encontradas en la producción de botellas que genera Scrap, mediante herramientas de ingeniería industrial, para proponer un plan de mejoras y estandarización de procesos que conduzcan a la reducción de Scrap, así como aumentar su eficiencia y por último la evaluación de la factibilidad técnica-económica del plan de mejoras planteado.

4.1 Fase I. Diagnóstico de la situación actual del área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A

Para desarrollar esta fase se realizaron visitas a la empresa y de esta manera poder identificar el problema actual de las líneas de fabricación de botellas en el galpón 7 del área de soplado, aplicando la observación directa, tomando registros fotográficos, entrevistas no estructuradas a los operadores y personal encargado del área, además de la revisión documental de registros históricos suministrados por la empresa Amcor Rigid Packaging S.A.

4.1.1 Revisión documental del proceso de soplado de preformas.

Se realizó una revisión documental con el fin de describir el proceso productivo que es el objeto de esta investigación, indicando las condiciones de trabajo, con el fin de obtener información de la situación actual del área.

La fabricación de botellas para objeto de estudio en el área de soplado de Amcor Rigid Packaging de Venezuela S.A se da en dos máquinas sopladoras ubicadas en el galpón siete, estas son la Pk06 para presentaciones 1L de Vinagre Mavesa y la Pk05 para presentaciones 500ml de agua Minalba, estas máquinas son de modelo SIDEL, las cuales tienen una capacidad de 8600 b/h (botellas por hora). La máquina sopladora Sidel es un sistema de soplado modular que desafía las convenciones de la producción de PET, ya que cuenta con 12 estaciones y 8 cavidades (ver figura 7). Brinda los cambios más rápidos, la menor huella ecológica y una la máxima eficiencia.



.Figura 7 Máquina sopladora SIDEL

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

El soplado de botellas se describe como un conjunto de procesos, en el cual cada uno va a depender de la calidad del producto final. Esta información detallada es producto de la revisión documental que fue suministrada por la empresa Amcor Rigid Packaging S.A de cada una de las etapas que compone el proceso de soplado de preformas, detallado en las figuras 8 y 9 realizando una descripción de las actividades llevadas a cabo en cada uno de los equipos que componen la maquina SIDEL.

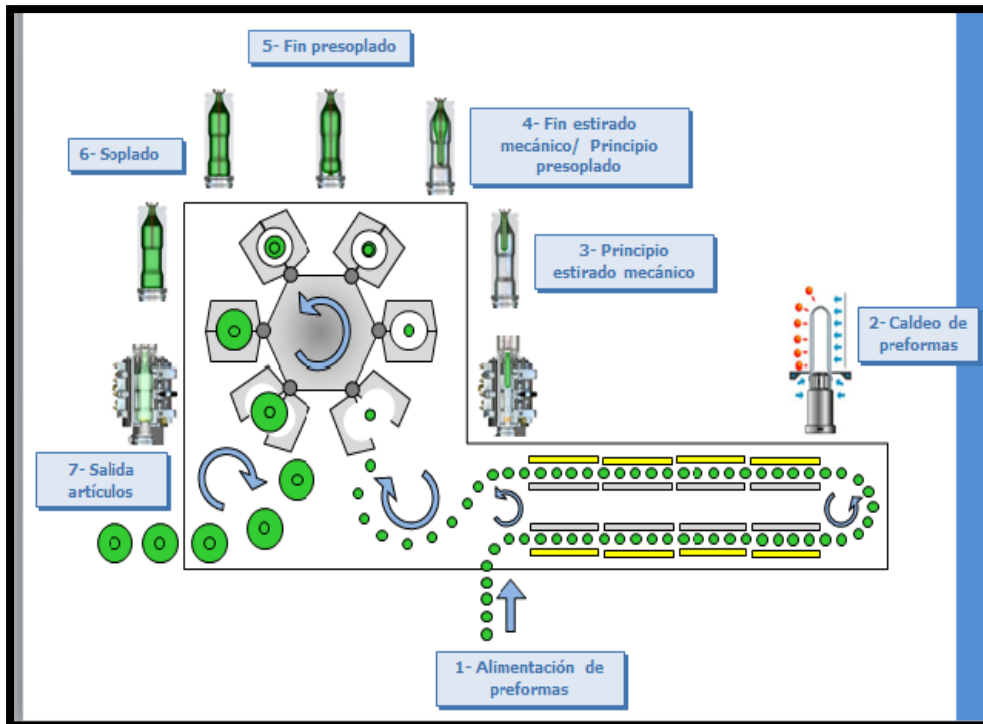


Figura 8 Principio de funcionamiento y proceso de Soplado.
Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

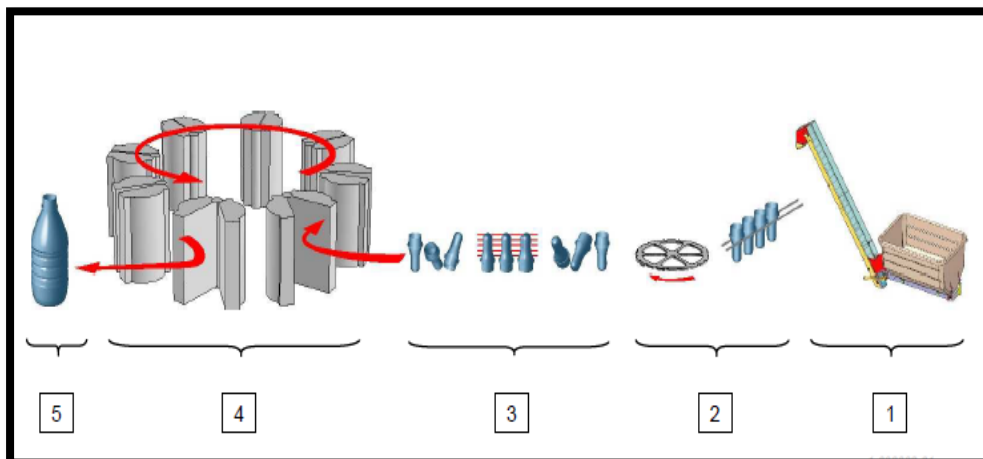


Figura 9 Proceso de recorrido de preformas en la máquina de soplado.
Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

1. Alimentación de preformas

El alimentador de preformas alimenta sin interrupción la sopladora en preformas orientadas cuellos arriba, figura 10. Las preformas son colocadas en una tolva que por medio de un elevador llegan a los rodillos orientadores que son los encargados de posicionarlas de manera adecuada para que puedan ingresar a la máquina.



Figura 10. Alimentación de Preformas.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

El alimentador de preformas puede dividirse en cuatro subconjuntos complementarios:

Tolva: recibe las preformas en desorden y constituye un stock para evitar toda interrupción de producción por falta de preformas. La tolva está equipada de un rompe caídas que descarga a la cinta transportadora del peso del lote de preformas almacenada, figura 11. Los elementos de la tolva están diseñados para un volumen de preformas igual al 70 % del volumen total de la tolva. Un llenado más importante corre el riesgo de deteriorar el rompecaídas o la cinta transportadora. La cinta transportadora funciona en los dos sentidos y efectúa dos funciones:

- el transporte de las preformas hacia el conducto de salida

- el vaciado del contenido de la tolva por la trampilla de vaciado.



Figura 11 Tolva.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

columna elevadora: lleva las preformas en desorden de la tolva al conjunto rodillos orientadores, figura 12. Transporta mediante pequeños lotes las preformas contenidas en el conducto de salida por medio de la cinta de listoncillos y el conducto de cabeza. En función de la configuración del alimentador, las preformas son encaminadas hacia los rodillos orientadores.



Figura 12 columna elevadora de preformas .

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Conjunto rodillos orientadores: alinea y orienta las preformas cuellos arriba que llegan en desorden de la columna elevadora, figura 13, eyectar hacia la

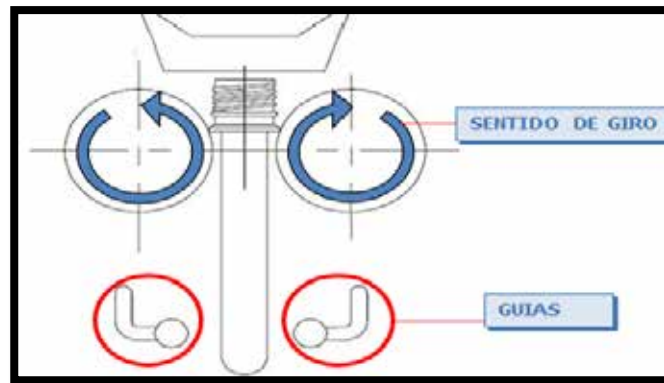
cinta transportadora de reciclado todas las preformas no orientadas, regular el flujo de preformas que circulan en el conjunto rodillos orientadores para evitar la falta de preformas en el raíl de alimentación. Los rodillos orientadores son movidos por medio de una banda acoplada a un motor, el sentido de giro es contrario uno con respecto al otro. La separación entre ambos se puede cambiar y depende de la preforma utilizada.



Figura 13 Rodillos orientadores de preformas .

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Los deflectores contenidos en el conjunto de rodillos permiten recibir las preformas sueltas procedentes de la columna elevadora antes de la orientación mediante los rodillos orientadores. Las preformas se orientan cuellos arriba desde su llegada a los rodillos orientadores, figura 14.



.Figura 14 Orientación de preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Las preformas no orientadas por el conjunto, rodillos orientadores de cuerpos caen o son expulsadas por el desenrollador, ver figura 15, en la cinta transportadora de reciclado, este transportador permite regresar a la tolva todas aquellas preformas que están en exceso o que no están en posición para volver a ser utilizadas antes de llegar al raíl de alimentación.



Figura 15 Desenrollador de Preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Raíl de alimentación: lleva las preformas orientadas hacia la sopladora. El raíl de alimentación recibe las preformas orientadas a la salida del bloque de alimentación aguas arriba y las dirige hacia el bloque de alimentación aguas abajo a la entrada de la máquina. Las preformas, mantenidas por sus collarines entre guías ajustables, bajan por gravedad a lo largo del raíl de alimentación.



Figura 16 Rail de Alimentación de Preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

2.Caldeo de preformas: las preformas al entrar a la maquina son calentadas para su posterior estirado mecánico a 120°C, manteniendo su estructura molecular amorfa, el calentamiento de la preforma se hace transportándolas a través de una serie de hornos que contienen lámparas infrarrojas para calentar de manera controlada el cuerpo de las preformas de 1 a 2 micrómetros de longitud de onda, ver figura 17.

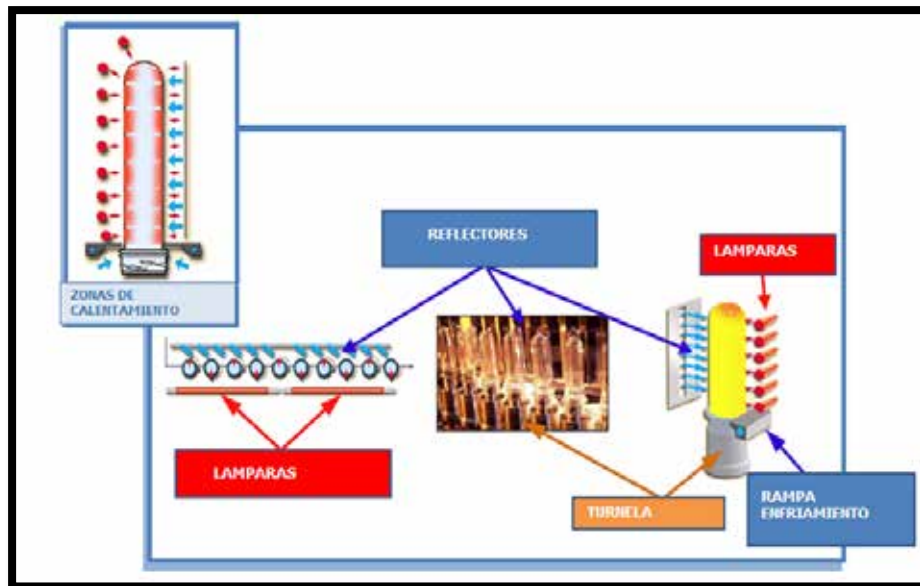


Figura 17 Proceso de calentamiento infrarrojo de preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Un sistema de ventilación enfría los casquillos de las lámparas infrarrojas, el sistema de ventilación del horno modera los efectos de la radiación infrarroja en la

superficie de las preformas, durante su paso delante de los módulos de caldeo. El sistema de ventilación del horno mantiene el entorno mecánico a una temperatura ambiente moderada. Se recomiendan calentadores de tubo de cuarzo de alta densidad con una Longitud de onda corta, (1-2 micrómetro), Se le deben cambiar las bombillas a los hornos dos veces al año ya que Los tubos de cuarzo viejos tienden a emitir energía de longitud de onda más larga.

3.Estirado mecánico y presoplado de preformas: las preformas luego de ser calentadas en el horno infrarrojo se dirigen por medio de brazos de transferencia a la rueda de soplado, compuesta por 6 estaciones de soplado. Es este el inicio para transformar en artículos las preformas calientes.



Figura 18 Rueda de Soplado de Preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Las estaciones de soplado están compuestas por unidades portamoldes y electroválvulas que regulan la presión para el estirado mecánico por medio de varillas, las electroválvulas denominadas tornados, distribuyen el aire de presoplado, soplado, recuperación y escape, un cilindro de tobera mantiene la preforma en el molde, este cilindro de tobera realiza la unión, estanca entre las

electroválvulas tornado y la preforma a soplar. La unidad portamolde, ver figura 19, efectúa el mantenimiento en posición de las preformas durante las operaciones de estirado, presoplado, también efectúa la abertura y el cierre de los moldes antes y después de las operaciones de soplado.

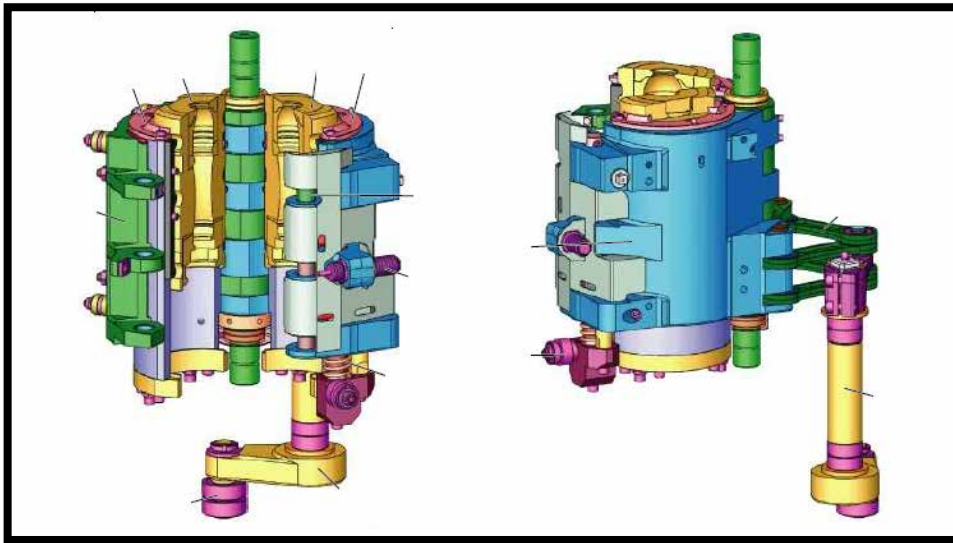


Figura 19 Unidad portamolde proceso estirado- soplado de preformas
Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Cuando la preforma está cargada en el molde, el electrodistribuidor pilota la bajada del pistón del cilindro de tobera la cual mantiene el collarín de la preforma en apoyo en el molde. Las electroválvulas tornado y el difusor del cilindro de tobera realizan el guiado de la varilla de estirado, posteriormente la preforma es estirada, las electroválvulas tornado distribuyen el aire de presoplado, este proceso es llamado insuflación, el cual se realiza a 7 bar. El aire pre-soplado se usa parcialmente para inflar la preforma, para ralentizar la velocidad de alargamiento y para prevenir que la preforma toque la varilla cuando la está estirando, es un proceso que controla la distribución del material, figura 20.

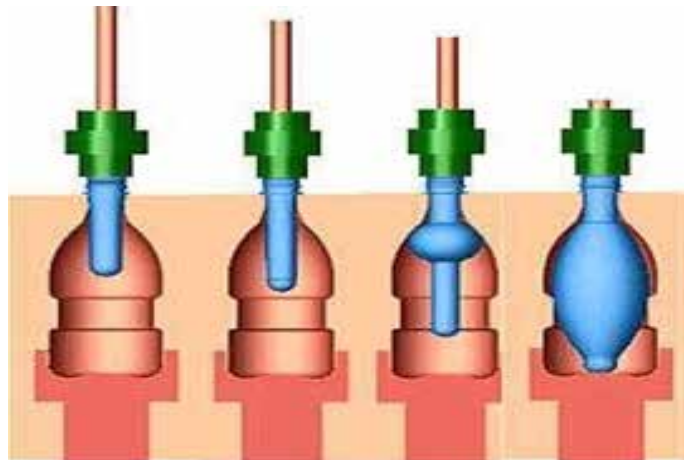


Figura 20 Proceso estirado-presoplado de presformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

La Tasa de insuflación lenta a 7 bar, es para lograr niveles correctos de orientación y extensión en las preformas. El radio natural de extensión del PET es una función de los siguientes parámetros:

- Viscosidad Intrínseca de Material (Peso Molecular)
- Tipo y nivel del comonomero
- Aditivos (humedad, portadores de colorante líquido)
- Temperatura al momento de la extensión
- Presión de insuflación
- Rango de insuflación.

Parámetros que afectan a la insuflación de botella:

- Viscosidad Intrínseca de Preforma
- Cristalinidad de preforma
- Patrón de tensión de preforma
- Característica de Tensión / Alargamiento de polímero
- Temperatura de preforma a la insuflación
- Viscosidad Intrínseca de polímero
- Tipo de polímero.

2 Soplado de preformas: proceso final de la obtención de la botella, se lleva a cabo con una presión alta de 40 bar para empujar la preforma contra las paredes del molde. Además el contacto entre el plástico caliente y los moldes calientes (si se mantienen por el tiempo propicio) contribuye al destempe de la estructura molecular y un aumento en la cristalinidad de las paredes del envase, al mismo tiempo la botella es enfriada dentro del molde a una temperatura de 10°C por un sistema de enfriamiento, el cual conserva la estructura amorfa de las preformas. El sistema de soplado y enfriamiento se rigen por los siguientes servicios:

Circuito de aire: el aire de soplado procede del circuito alta presión de la máquina, ver figura 21, el circuito aire alta presión efectúa la regulación, la filtración, la recuperación y la distribución del aire necesario para el soplado, presoplado, activación de los cilindros de estirado y tobera y pilotado de las electroválvulas. La red cliente debe mantener permanentemente una presión mínima de 40 bar en dinámica y el caudal necesario. El manómetro principal indica la presión en el circuito antes de la regulación. El aire de presoplado, de la activación de cilindros de estirado y de la activación de los cilindros de la tobera, procede del aire recuperado durante la fase de escape del artículo.

El sistema de reducción 40 / 7 bar permite alimentar el circuito de aire a baja presión vía el circuito de aire a alta presión. En presencia de esta opción no es necesario alimentar la máquina con aire a baja presión. El reductor reduce a aire a baja presión el aire a alta presión del panel de alimentación general. El circuito de aire a baja presión (7 bar) permite: la distribución del aire necesario para la función de eyección de las preformas encajadas, la regulación y la distribución del aire necesario para el sistema de ionización de las preformas en el raíl de alimentación si existe la opción.

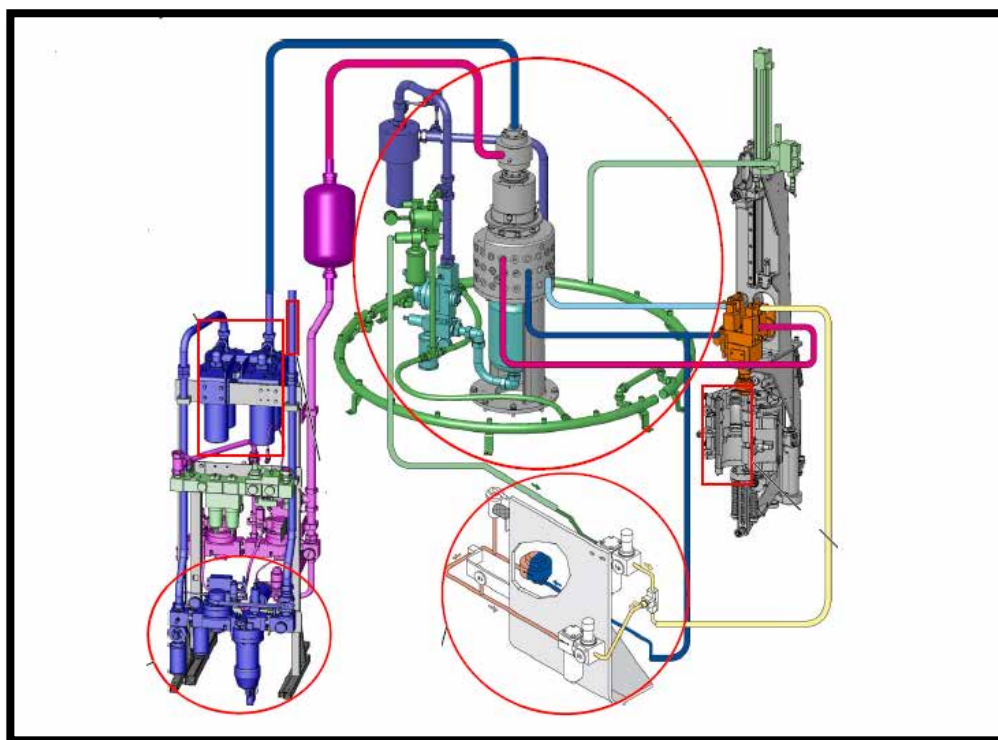


Figura 21 Circuito de aire de la máquina de soplado

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Circuito Hidráulico: efectúa la regulación, la filtración y la distribución del fluido de enfriamiento de los soportes de moldes, de los fondos de molde y de las rampas del horno, figura 22. El sistema de distribución de la rueda de soplado reparte los fluidos en cada puesto de soplado de la máquina. Los caudalímetros miden la cantidad de fluido transportado a los sistemas de distribución de la rueda de soplado, el cual debe ser de 40L/min. En caso de diferencia importante con el valor de consigna la producción se para. Un manómetro indica la presión aguas arriba de la bomba de circulación otro manómetro indica la presión del agua aguas abajo. El sistema de distribución del horno mantiene a baja temperatura las rampas situadas bajo las lámparas y los reflectores del horno.

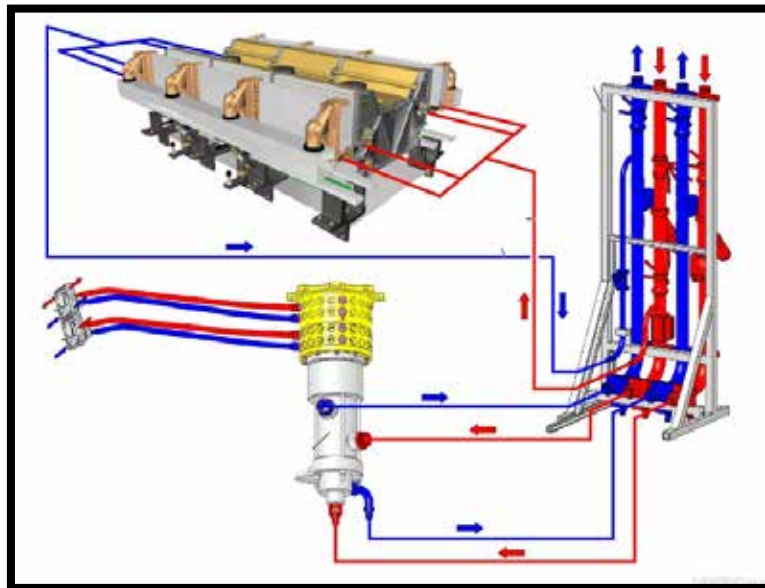


Figura 22 Sistema de enfriamiento de la máquina de soplado

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

4 Evaluación de agua del sistema de enfriamiento: la evaluación del agua garantiza el buen funcionamiento de los circuitos de distribución de la máquina.

Índice de Ryznar: El índice de Ryznar (IR) también se denomina índice de estabilidad, evalúa la tendencia corrosiva o incrustante del agua. El índice IR permite conocer la importancia de la incrustación o la agresividad en las instalaciones para poder prever, si procede, una protección de las instalaciones contra estos fenómenos mediante un tratamiento adecuado. El índice de Ryznar (IR) se define mediante una escala de 4 a 10.

- Si el IR es menor de 6, el agua es incrustante.
- Si el IR va de 6 a 6,7, el agua es estable.
- Si el IR es superior de 6,7, el agua es agresiva o corrosiva.
- Como más alto sea el índice, mayor riesgo de corrosión de las instalaciones.

El índice IR se determina a partir de las características siguientes:

- pH,
- TH,
- TAC,
- Conductividad,

- Temperatura de uso del agua.

Los indicadores de corrosión definen la posible corrosión de los aceros, aluminio, acero zinc y cobre. Los indicadores de corrosión deben controlarse mediante análisis regulares. Su concentración debe ser lo más baja posible.

pH: el pH indica la concentración de iones de hidrógeno (H⁺) presentes en el agua. El pH se define mediante una escala de 0 a 14.

- Un agua de pH 7 es neutra.

- Si el pH es inferior de 7, el agua es ácida.

- Si el pH es superior de 7, el agua es alcalina.

Turbidez: el agua enfriada debe hacer contacto de forma efectiva con la superficie del canal de enfriamiento. Para hacer esto, el agua de enfriamiento debe estar en un modo “flujo turbulento”. Para determinar si el sistema de flujo es turbulento, se usa el cálculo de número Reynolds. El Número Reynolds indica el nivel de turbulencia.

$$nRe = D \cdot Va \cdot Vp / u$$

Dónde:

nRe: Número Reynolds

D: El diámetro del canal de enfriamiento

Va: La velocidad promedio del medio de enfriamiento

Vp: Densidad del medio de enfriamiento

U: Viscosidad del medio de enfriamiento

Si el número Reynolds, que es el producto de la velocidad, la densidad de fluido y el diámetro de tubería dividido entre la viscosidad del fluido, es menos de 2100, el flujo de tubería siempre será laminar; con valores más altos es normalmente turbulento.

4.1.1.2 Descripción de la botella

Un envase PET es un recipiente que tiene un volumen vacío y que está diseñado para guardar el contenido separado del ambiente. Existe una amplia diversidad de envases con diferentes formas, cuadrados, redondos, en el caso de estudio serán las botellas de 1L y 500ml donde el producto a envasar es Agua Minalba y Vinagre Mavesa, la preforma es la materia prima para la fabricación de

estas botellas, Las dimensiones de la preforma están relacionadas con las dimensiones finales del envase, figura 23, a través del proceso de soplado. Una vez producida la preforma a través del proceso de inyección, esta es transportada a la máquina sopladora donde es transformada en botella. El moldeo de preforma y el soplado de botella son operaciones separadas. Las botellas resultantes son transparentes, con buen efecto barrera y resistencia adecuada.

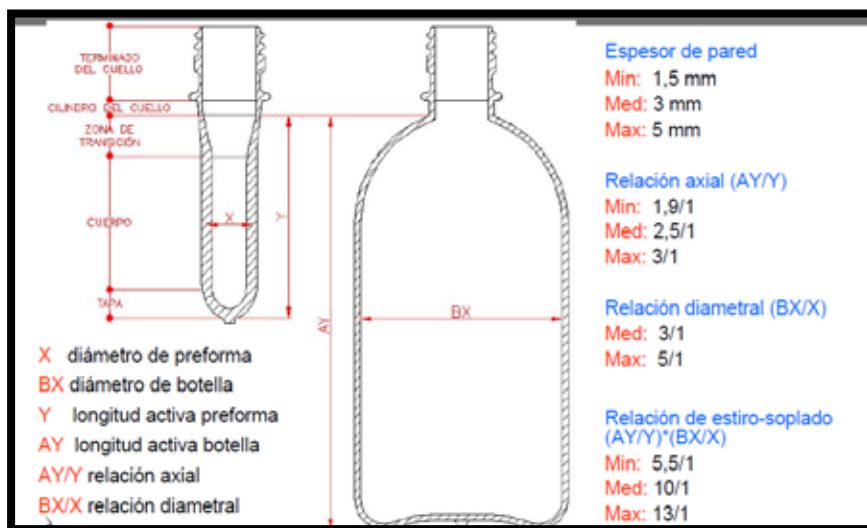


Figura 23 Descripción de botellas PET

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

4.1.1.3 Partes de la botella

Las botellas se componen en las siguientes partes, ver figura 24.

Cuello: El cuello de la botella está conformado por, superficie de sellado, anillo del finish, anillo de bloqueo, anillo de soporte y la rosca. Ver figura 25.

Cuerpo: Es el diámetro de la botella, el cual está compuesto por hombro, hombro superior, hombro panel de etiqueta, diámetro superior mayor, diámetro inferior mayor, cuerpo zona para etiqueta, pie, talón.

Punto de inyección: procedente del proceso de inyección, cuando las dos caras de los moldes están cerradas, cuando se inyecta la resina hay un orificio en cada cavidad donde se hace la inyección, haciendo a su vez un punto de inyección.

Tapa: Es la base de la botella cuando es soplada.

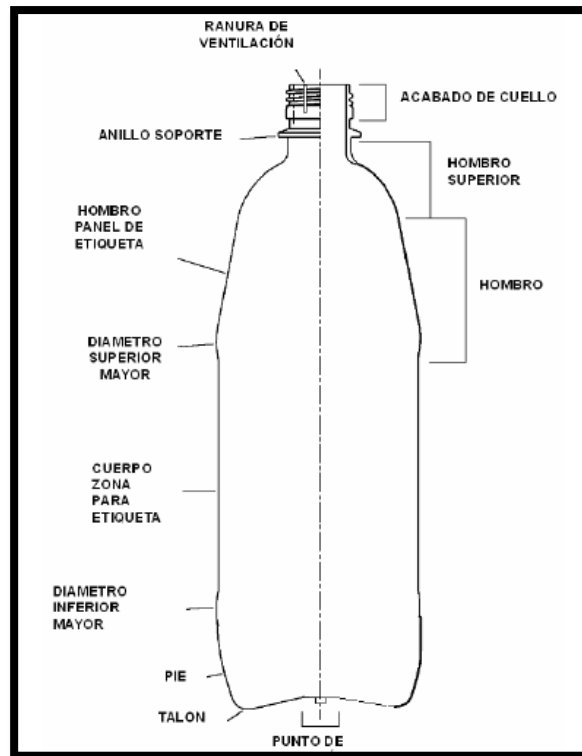


Figura 24 Partes de la botella

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

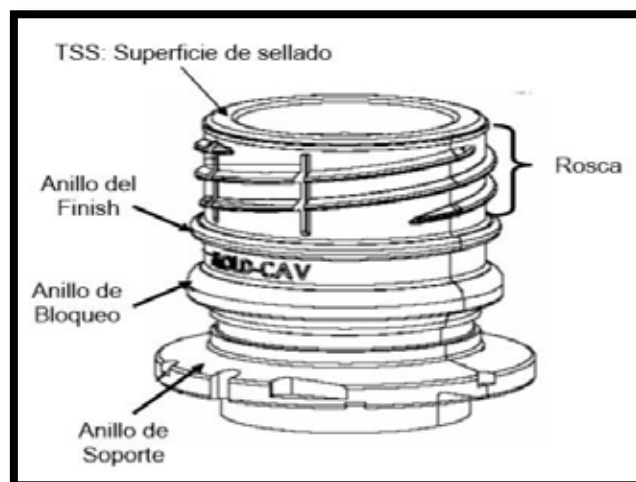


Figura 25 Cuello de la botella

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

4.1.1.4 Características dimensionales de las botellas 1L y 500ml

Características dimensionales que deben cumplir las botellas en su proceso de fabricación para la disposición final del cliente, al incumplir con las mismas, las botellas son denominadas scrap.

Cuadro 3 Especificación de envase Vinagre Mavesa 1L

Peso de Envase (g)	29.00 ± 1.00 Envase Vinagre Mavesa 1L			
Dimensiones Generales	Descripción	LEI	Nominal	LES
	Altura (mm)	264.929	266.000	267.077
	Diámetro Hombro (mm)	78.770	79.910	81.050
	Diámetro Panel (mm)	76.310	77.450	78.590
	Diámetro Base (mm)	78.770	79.910	81.050
	Perpendicularidad (°)	0	0	1.500
Espesores de Pared	Peso Envase (g)	28.000	29.000	30.000
	Hombro (mm)	0.190	0	0
	Panel (mm)	0.190	0	0
Funcionabilidad	Base (mm)	0.190		
	Volumen Overflow (ml)	1026.000	1031.100	1033.100
Apariencia Visual	Carga Vertical - Vacío no ventilado	38 KgF mínimo		
	Libre de defectos visuales según			

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Cuadro 4 Especificación de envase Agua Minalba 500ml

Peso de Envase (g)	24.50 ± 0.4			
Dimensiones Generales	Descripción	LEI	Nominal	LES
	Altura (mm)	215.690	216.770	217.850
	Altura Finish (mm)	11.120	11.300	11.480
	Diámetro Hombro (mm)	79.380	79.780	80.180
	Diámetro Cintura (mm)	65.890	66.220	66.550
	Diámetro Base (mm)	78.850	79.250	79.650
	Perpendicularidad (°)		0	1.500
	Peso envase (g)	24.100	24.500	24.900
Espesores de Pared	Hombro (mm)	0.270	0.530	
	Cintura (mm)		0.530	
	Base (mm)	0.370	0.530	
Funcionabilidad	Volumen Overflow (ml)	741.000	747.000	755.000
	Carga Vertical – Vacío no ventilado	66.00 LbF mínimo		
Apariencia Visual	Libre de defectos visuales			

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

4.1.1.5 Controles de Calidad aplicado a Botellas de 1L y 500ml

Una vez concluido el proceso de soplado, se realiza la inspección visual, se guardan muestras representativas de botellas de calidad aceptable y no aceptable para compararlas con la producción actual. El examen visual de las botellas es una parte esencial de cualquier programa de pruebas, estas son examinadas en cuanto a color, claridad, fallas de proceso, definición de forma, especialmente de esquinas o pies. Las dimensiones de las botellas deben estar dentro de las tolerancias especificadas en los cuadros 3 y 4 deben ser correctas.

Así mismo la capacidad de las botellas debe estar dentro de la tolerancia especificada en los cuadros 3 y 4. La capacidad del contenedor es afectada por: tiempo de almacenamiento, ambiente, el encogimiento de una botella PET típica es 0.5% en volumen después de 72 horas de almacenamiento, subiendo a un 0.5% en volumen después de 72 horas de almacenamiento, subiendo a un máximo de cerca de 1.5% después de 150 días a 22°C, una temperatura más alta aumentará la tasa de encogimiento, pero no los valores pico. Las botellas deben soportar las altas fuerzas de carga superior impuestas por el proceso de apilamiento o llenado y tapado sin colapsarse. La fuerza de carga superior es una función de la forma y grosor de pared de las botellas. La prueba involucra someter una botella vacía a una carga aumentada aplicada verticalmente hacia abajo sobre el cuello. La carga superior es definida como la carga aplicada en el momento en que la botella empieza a colapsarse. Durante la producción, la fuerza de carga superior debe medirse regularmente, tal vez dos veces por turno, tomando botellas de cada cavidad de insuflación. La reducción en la carga superior puede dar una advertencia a tiempo de problemas en la producción, como un secado inadecuado. Normalmente la fuerza de la carga superior se mide en una botella vacía y destapada bajo condiciones estándar, temperatura de prueba: 18 – 25° C, velocidad de aplicación de carga superior 50 mm / minuto.

De esta manera, a través de los controles de calidad mencionados se determina si las mismas cumplen con los estándares de calidad de la empresa, de ser positivo pasan a la cesta de empaquetamiento e identificación; si no cumplen con la inspección se retiene la cesta completa y pasan a HFI (Hold For

Inspection) es decir retención por inspección, tomando en cuenta que el HFI es un gran potencial de Scrap, ya que cuando el producto no viene con las características de calidad especificadas, genera paradas no planificadas. Si la cesta no es retenida por haber pasado la inspección de manera satisfactoria va al almacenamiento temporal en el área de producción, para luego pasar al almacenamiento de producto terminado y ser despachado al cliente.

Cabe destacar, que existen otros eventos generadores de desperdicio en el área de soplado, que fueron observados en la revisión documental, siendo los más resaltantes los siguientes:

Botellas oscuras: preforma muy caliente, viscosidad intrínseca muy baja, cristalinidad en preforma, contenido de humedad en las preformas, preformas golpeadas durante el traslado al proceso de soplado, presión/tiempo de presoplado.

Paredes delgadas: preforma muy caliente, viscosidad intrínseca muy baja, perfil de calentamiento no adecuado, absorción de humedad excesiva en preformas.

Aberturas fuera de centro: grueso de pared de preforma uniforme, doblar preforma, doblar varilla de extensión, varilla de extensión de presoplado, presión de presoplado muy baja.




Cuello o base pesados: preforma muy caliente, viscosidad intrínseca muy baja, perfil de calentamiento no adecuado, tiempo de presoplado no adecuado, volumen de presoplado no adecuado.



Cuello doblado: perfil de calentamiento equivocado, presoplado tardío presión de presoplado muy baja.

Volumen de llenado muy bajo: molde de insuflación muy pequeño, encogimiento excesivo, preforma muy fría, viscosidad intrínseca muy alta para diseño de preforma, diseño de preforma no adecuado, temperatura de almacenamiento de preforma muy alta.

En el siguiente cuadro se muestra la información detallada en él se podrá evidenciar los defectos de las botellas denominadas como Scrap.

Cuadro 5 Defectos en las botellas

Nombre del Defecto	Detalles	Figura
Botellas Oscuras	Contenido de humedad en las preformas, preformas golpeadas durante el traslado al proceso de soplado, presión/tiempo de presoplado mal ajustado.	
Paredes delgadas	Preforma muy caliente, perfil de calentamiento no adecuado, absorción de humedad excesiva en preformas.	
Aberturas fuera de centro	Doblado de varilla de extensión, varilla de extensión de presoplado, presión de presoplado inadecuada.	

Cuello doblado	Perfil de calentamiento equivocado, presoplado tardío presión de presoplado muy baja.	
Volumen de llenado muy bajo	molde de insuflación muy pequeño, encogimiento excesivo, preforma muy fría	

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

4.1.2 Observación directa en el área de soplado de las líneas Pk05 y Pk06 del galpón 7.

En esta etapa se observó todo el proceso de inicio de producción de botellas, desde la obtención de preformas, hasta el producto terminado. Al detallar y entender el proceso mediante la observación directa, se encontraron debilidades en el proceso productivo que podrían ser causas potenciales generadoras de Scrap. En el siguiente diagrama de la figura 26, se detalla el proceso desde la recepción de preformas, hasta el producto terminado incluyendo la operación, cantidad y tiempo de trabajo, aportando esta herramienta información importante para el diagnóstico de la situación presentada en el galpón 7.

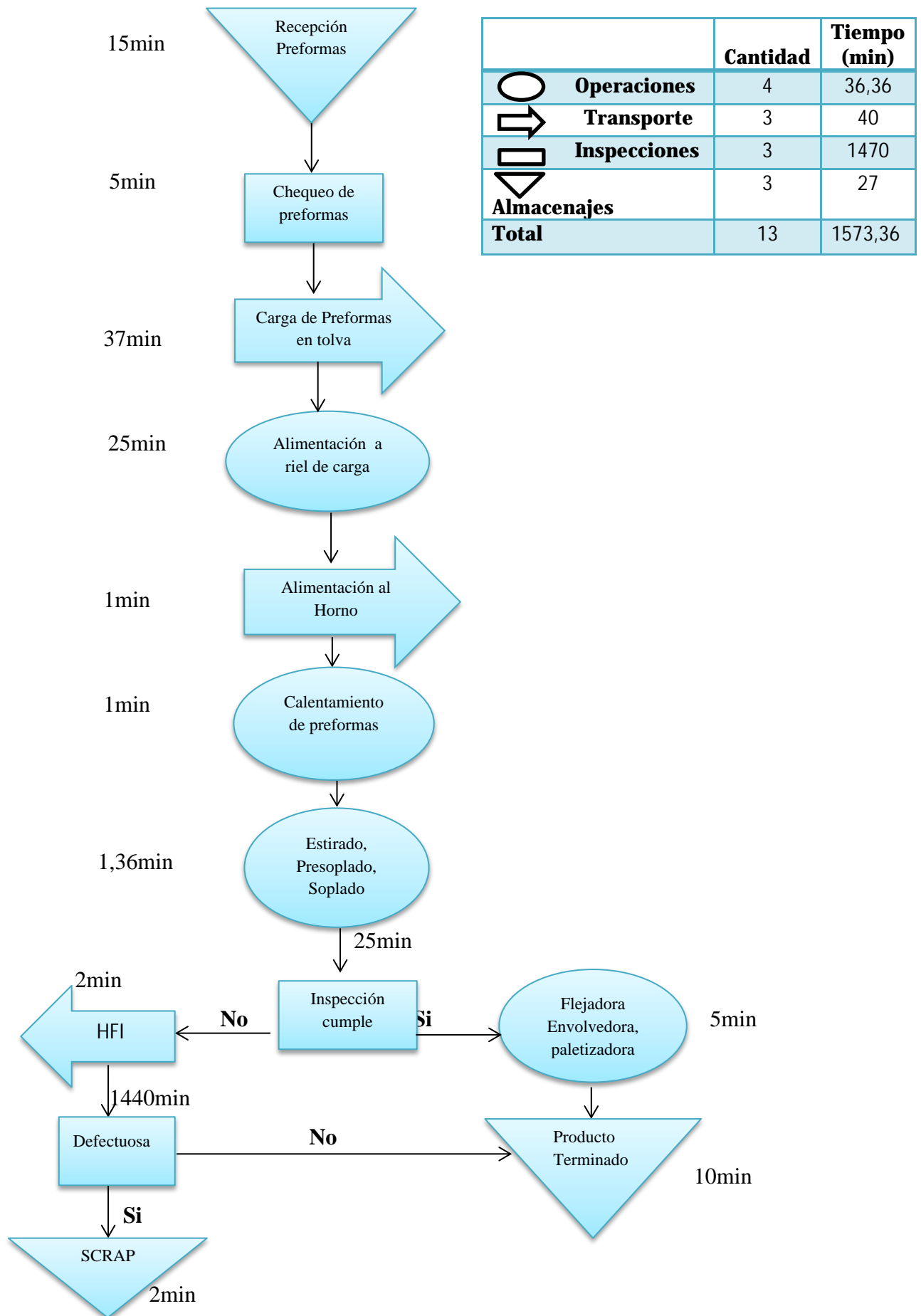


Figura 26 Diagrama de procesos galpón 7 área de soplado
 Autor: Mileno, Y. (2020)

De acuerdo al diagrama de procesos, la materia prima es transportada hacia el galpón 7 hasta el almacén de recepción de preformas en un tiempo de 15min, en esta área se chequea que cada una de las cestas contengan lo requerido en la orden de producción en un tiempo de 5min, donde se indica el material a ser usado para el tipo de envase que se estará produciendo, preformas de Vinagre Mavesa 1L y Minalba 500ml, las cestas contienen 16000 unidades a procesar.

Seguidamente, una vez realizado el chequeo, un operario descarga la cesta de preformas en la tolva, cabe destacar que el proceso debe ser de máximo 5min, actualmente se tarda 37min debido a que en el proceso de descarga se presentan inconvenientes ya que el operador sobrecarga la tolva con mayor cantidad de preformas, siendo la capacidad de la tolva de 22mil preformas, esto causa atascos en la cinta transportadora de la tolva por sobrecarga, exceso de tiempo en el proceso, ya que el operario disminuye la cantidad de preformas hasta que la cinta vuelve al arranque, lo que su vez causa atascos en la alimentación hacia el riel de carga, dicho proceso debe realizarse en 3min máximo, debido al inconveniente con la carga de preformas el proceso tarda 25min mientras las preformas se alinean hasta la entrada de la máquina.

Es importante señalar que esto sucede porque no se tiene un parámetro definido de la máxima cantidad de preformas que se deben descargar en la tolva y el resto de las unidades en exceso quedan expuestas al ambiente, ya que la tolva no cuenta con una tapa de protección, lo que genera la absorción de polvo y humedad en las preformas.

En el proceso de calentamiento de preformas en el horno de la maquina PK06 se observó ruptura de lámparas, figura 27, lámparas deficientes que causan una mala distribución del calor en el material y alto consumo de electricidad por el tipo de material, ya que son lámparas de cuarzo, lo que genera scrap, dichas lámparas tienen más de dos años sin ser reemplazadas. Según la revisión documental, las lámparas de cuarzo viejas tienden a emitir longitudes de onda más largas.



Figura 27 Lámparas Zona de Horno Pk06

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Por otra parte, se pudo observar deficiencias importantes en la rueda de soplado de botellas en las máquinas Pk05 y Pk06, debido a la caída de presión de 36 bar en el galpón 7 en diferentes momentos del día, por la demanda de presión de las demás áreas de la empresa, dichas máquinas para el correcto funcionamiento en sus procesos, de estirado, presoplado y soplado requiere de 40 bar mínimo de presión, la misma genera una distribución de presiones en sus distintos procesos: para el presoplado las máquinas reducen por medio de una válvula de reducción, la reducción de 40bar a 7 bar, de la misma forma para los instrumentos. La válvula de reducción de presión en la máquina PK05, donde corre la producción de botellas presentación 500ml, presenta fallas continuas. Las máquinas de soplado cuentan con manómetros para detectar las presiones correctas en la máquina, se observó para la Pk06 el manómetro principal roto figura 28, lo que implica no llevar un seguimiento de la correcta distribución de presión en la misma.



Figura 28 Manómetro principal de alta

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Es importante resaltar que también se observaron puntos de incrustación en los moldes de la máquina, ver figura 29, lo que evidencia un mal tratamiento de agua, debido a que no son continuos y se usan más de seis químicos para ello, lo cual no es recomendable para el sistema, resulta negativo en sus proceso de soplado. Aunado a ello se observaron problemas con la presión de agua debido al distanciamiento del galpón 7 de los sistemas auxiliares, generando deficiencia en el funcionamiento del circuito de enfriamiento, ya que al no tener la presión requerida de 5bar, el sistema pierde velocidad y la misma no puede realizar correctamente el proceso de soplado, esto genera scrap, botellas que no pueden ser procesadas nuevamente.



Figura 29 Moldes de la maquina Pk05

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Se observó en la maquina Pk06 perdida de sincronismo en la rueda de salida de producto terminado, lo que genera que las botellas presenten golpes en el hombro o en la base, las cuales son retiradas del lote de producción generando scrap. Actualmente no se lleva el mantenimiento adecuado en las máquinas y una planificación estandarizada de las mismas. En los manuales de las maquina se recomienda el chequeo diario y mensual para prevenir fallas.

Cabe destacar que, en el proceso de arranque de máquinas, una vez se causan paradas imprevistas por lo antes expuesto, se observó un exceso de tiempo en la puesta a punto de las mismas, el proceso de puesta punto lleva un tiempo prudencial de 30min, actualmente se tarda 2 horas entre pruebas de calidad y arranque, ya que por falta de un mantenimiento actualizado el proceso de arranque en las maquinas se vuelve lento, por perdidas de sincronismos y ajustes.

Al finalizar el proceso de soplado en las maquinas se realiza una inspección a las botellas por parte del personal de calidad para analizar que cumplan con los requerimientos del cliente, la inspección tarda 25min, de ser aprobado es llevado a producto terminado. Al no cumplir con las especificaciones establecidas de calidad, el producto final es enviado a HFI en espera de decisión por parte del Departamento de Calidad, donde el producto es sometido a pruebas de calidad.

Es importante señalar que esta decisión tiene un exceso de tiempo de 1440 min, es decir, un día en la toma de la disposición final por la cantidad de productos defectuosos que se genera en el proceso, la inspección en HFI debe tardar máximo 300min, es decir 5h, si el producto resulta positivo en las pruebas de calidad es enviado como producto terminado, de lo contrario es llevado como defecto al área de SCRAP, donde se realiza una selección por tipo de scrap y finalmente es almacenado. En la visita a la planta se realizó un recorrido por los almacenes que conforman el área de Scrap, donde se visualizó que contiene alrededor de 32 cestas, figura 30, de producto no conforme.

De acuerdo a los observado en el diagrama de procesos, el proceso desde la recepción de preformas hasta producto terminado, tiene un tiempo total de 1573min, cuando debe ser de 375min, es decir 6h. El exceso de tiempo es causado

mayormente por el proceso de alimentación en la tolva, riel de carga y la toma de decisiones en HFI.

Por su parte se realizó una revisión documental para buscar información detallada sobre este suceso, se pudo constatar que durante la producción de botellas en área de soplado el mes de Marzo de 2020 tuvo un alza de scrap de 4,77%, el valor máximo permitido en los indicadores de gestión de la empresa es de 1,30% para el scrap por botellas que están por debajo de los requerimientos de calidad. Se presume que el scrap potencial es debido a la caída de presión en el galpón 7, mal procedimiento en la carga de preformas en las tolvas, mala distribución de temperatura en el horno de la máquina, proceso de enfriamiento del molde inadecuado y falta de un plan de mantenimiento.



Figura 30 Almacén de Scrap de botellas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

4.1.3 Registro histórico de Scrap.

La empresa cuenta con sistema de gestión llamado SAP MII en el cual se reportan lotes de scrap y las causas del mismo, así como la especificación de los

tipos de desperdicio con mayor peso en el área de soplado ocurridos en el proceso productivo. Para indagar objetivamente sobre las posibles causas generadoras de scrap, se analizaron los reportes de Scrap contenidos en el sistema de los meses de Enero, Febrero, Marzo del año 2020, cuadro 6. Con este tipo de análisis se pretende establecer las diferencias y similitudes de acuerdo con los criterios que surgen de la aplicación de los tipos de análisis anteriores como la observación directa, así mismo en el gráfico 2 se evidencia los tipos de scrap de mayor cantidad en el galpón 7 del área de soplado

Cuadro 6 Reportes de Scrap contenidos en sistema SAP

Tipo de Scrap	Promedio Scrap (pz) Minalba 500ml	Promedio Scrap (pz) Vinagre Mavesa 1L
Botellas Oscuras	680.000	558.000
Paredes delgadas	548.000	594.000
Cuello Doblado	116.000	168.000
Finish Dañado	117.000	121.000
Punto de inyección Descentrado	520.000	556.000
Exceso material en la base	694.000	597.000
Botella inclinada	452.000	414.000

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

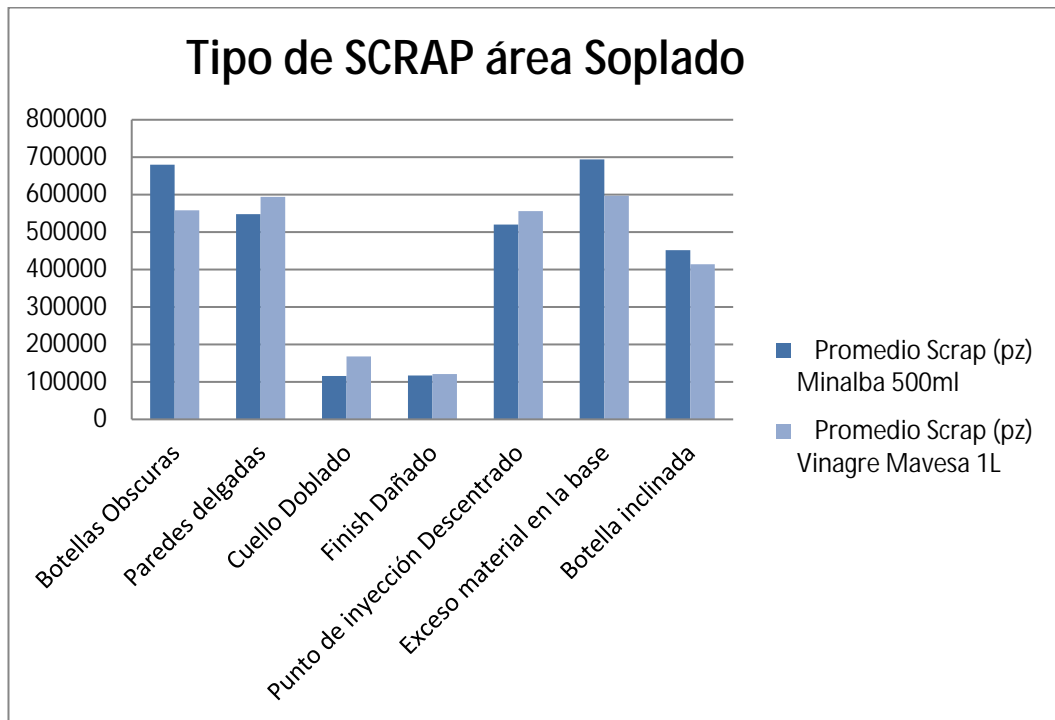


Grafico 2 Reporte tipos de Scrap área de Soplado

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Autor: Mileno Y. (2020)

Como se puede evidenciar gráficamente el scrap tipo botellas oscuras, paredes delgadas, punto de inyección descentrado, exceso de material en la base y botella inclinada para ambas presentaciones, se producen en mayor cantidad. Según la revisión documental, las botellas opalescentes son causadas por preformas sucias y golpeadas, esto sucede durante el traslado de las preformas hasta el galpón 7 y el almacenamiento en la tolva a la intemperie.

Asimismo, el tipo de scrap paredes delgadas se debe al proceso de calentamiento de preformas en el horno, ya que en la maquina Pk06 se presenta una mala distribución de calor por lámparas rotas. El punto de inyección inclinado es causada en el proceso de estirado mecánico de la preforma por la varilla cuando la misma no tiene suficiente presión para moverse, así mismo el exceso de material en la base de las botellas es por causa del proceso de soplado debido a la caída de presión continua en el área y las botellas inclinadas son el resultado mal funcionamiento en los moldes.

Para analizar lo antes descrito, se procede a identificar el origen que causa los

defectos en las botellas como se muestra la gráfica anterior.

Cuadro 7 Identificación de scrap por defectos críticos en las botellas Vinagre Mavesa 1L y Agua Minalva 500ML.

Defecto	Causa	Consecuencia
Paredes delgadas	Proceso de calentamiento de preformas en el horno	Scrap
Punto de inyección Descentrado	Proceso de estirado mecánico de la preforma por la varilla	Scrap
Botella inclinada	Mal funcionamiento en los moldes.	Scrap
Botellas Oscuras	Preformas sucias y golpeadas	Scrap
Exceso de material en la Base	Baja presión en la maquina	Scrap

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Cabe destacar que estos resultados afectan directamente la producción de envases en el área de estudio, se puede evidenciar que el desperdicio suma un total de 6.135.000pz, de los cuales 3.008.000pz son de presentación Vinagre y 3.127.000pz de botellas son presentación Agua 500ml, de las cuales las que se generan con mayor cantidad se presentan el cuadro 7.

4.1.4 Aplicación de la entrevista no estructurada

Para complementar el diagnóstico de la situación actual durante el desarrollo de este trabajo de investigación se procedió a realizar entrevistas no estructuradas a los involucrados en el proceso como objeto de estudio, con la finalidad de buscar más información concerniente al problema y al mismo tiempo conocer la óptica del personal que labora en el área de soplado, la cual está conformada por el gerente de planta, jefe de producción, jefe de mantenimiento, ingeniero de procesos, supervisores, técnico de procesos, quienes expresaron su opinión referente al aumento de scrap . Aunado a ello, se recopiló la información necesaria respecto a los puntos más importantes que están involucrados dentro del área de

producción. Los resultados de dicha entrevista se presentan a continuación:

Las Maquinas en el área no tienen el mantenimiento adecuado, no se realizan los chequeos diarios correspondientes establecidos por el departamento de mantenimiento.

Caída de presión de 36 bar en diferentes momentos del día, que afecta directamente al proceso de soplado de la botella exceso de material en la base o cuello por fallas en las válvulas de presoplado o soplado, además indicaron que el manómetro principal para visualizar la presión de la maquina PK06 esta roto.

No se tienen herramientas de trabajo apropiados para ejecutar las actividades de mantenimiento de los equipos por parte del personal electromecánico.

Los operadores no verifican las conexiones de algunos equipos que están conectados a la máquina de soplado, trayendo como consecuencia paradas imprevistas.

Falta de algún indicador que detalle la medición de los trabajos que son ejecutados en el área y que pueden ser mitigados a la hora de una parada del equipo.

El operario no tiene conocimiento de la cantidad de preformas que debe vaciar en las tolvas sin recargarla más de su capacidad.

Acumulación de scrap, lo cual es atribuido a caída de presión durante fallas de los compresores.

Fallas en las varillas de estirado de preformas que generan botellas defectuosas

Manómetros en mal estado, rotos y dañados, no se puede visualizar la presión de trabajo en la maquina PK06.

Paradas imprevistas por falla de energía eléctrica y baja presión de agua para enfriamiento.

4.1.5 Resumen de las debilidades obtenidas en el diagnóstico.

En resumen de la fase I de diagnóstico se pudo obtener una serie de variables que están afectando el proceso en el aumento de scrap, causas que

fueron recolectadas por diferentes fuentes con el fin de recabar toda la información concerniente a la problemática; se realizó una revisión documental, observación directa, entrevistas no estructuradas a los operarios que están directamente en el proceso de soplado en el galpón 7, con el fin de hacer un análisis de sucesos sobre las causas arrojadas, el análisis de las mismas se efectuaran en la fase siguiente.

4.2 Fase II. Análisis de las debilidades encontradas en el área de soplado de preformas.

Una vez finalizada la fase de diagnóstico, la cual se desarrolló a través de la observación directa, entrevista no estructurada y revisión documental, además de todos los datos obtenidos, que permiten analizar todos los desperdicios que están presentes en el proceso de soplado, se inició el análisis en cuanto a incidencia de fallas que se han causado durante el proceso de elaboración, con el objetivo de aplicar el diagrama de Ishikawa; así como, la técnica de grupo nominal, seguidamente el diagrama de Pareto y finalizando con la técnica del AMEF . La finalidad de esto es ser redundante y encontrar las causas con más incidencia en cada herramienta utilizada, para así encontrar estrategias que disminuyan el scrap.

4.2.1 Análisis del compendio de causas, basado en el diagrama causa-efecto (Ishikawa)

Partiendo de las fallas encontradas se procedió a la elaboración de un diagrama de causa y efecto, con el fin de organizar, así como clasificar por área los problemas principales y sus causas directas con lo obtenido en la observación directa realizada, el instrumento de recolección de datos del sistema SAP y el testimonio del personal involucrado en el proceso por medio de las entrevistas no estructuradas, se realizó una jerarquización de las mismas aplicando la técnica del grupo nominal, posteriormente un análisis de Pareto como técnicas de redundancia para corroborar los resultados de las causas potenciales que contribuyen al scrap. Las causas de las problemática obtenidas en el galpón 7, son las siguientes:

Caída de presión de 36 bar en diferentes momentos del día por picos de demanda.

El operario no tiene conocimiento de la cantidad de preformas que debe vaciar en las tolvas sin recargarla más de su capacidad.

Las Maquinas en el área no tienen el mantenimiento adecuado, no se realizan los chequeos diarios correspondientes establecidos por el departamento de mantenimiento lo que genera falta de sincronismo en las maquinas.

Paradas imprevistas por falla de energía eléctrica

Los operadores no verifican las conexiones de algunos equipos que están conectados a la máquina de soplado, trayendo como consecuencia paradas imprevistas.

Fallas en el proceso de calentamiento de preformas en el horno de la maquina PK06.

Fallas en el proceso de estirado mecánico de la preforma por la varilla.

Mal funcionamiento en los moldes de la Pk05, incrustaciones solidas por mal tratamiento de agua del sistema de enfriamiento.

Preformas en las tolvas expuestas a la intemperie

Paradas de máquinas por baja presión de agua.

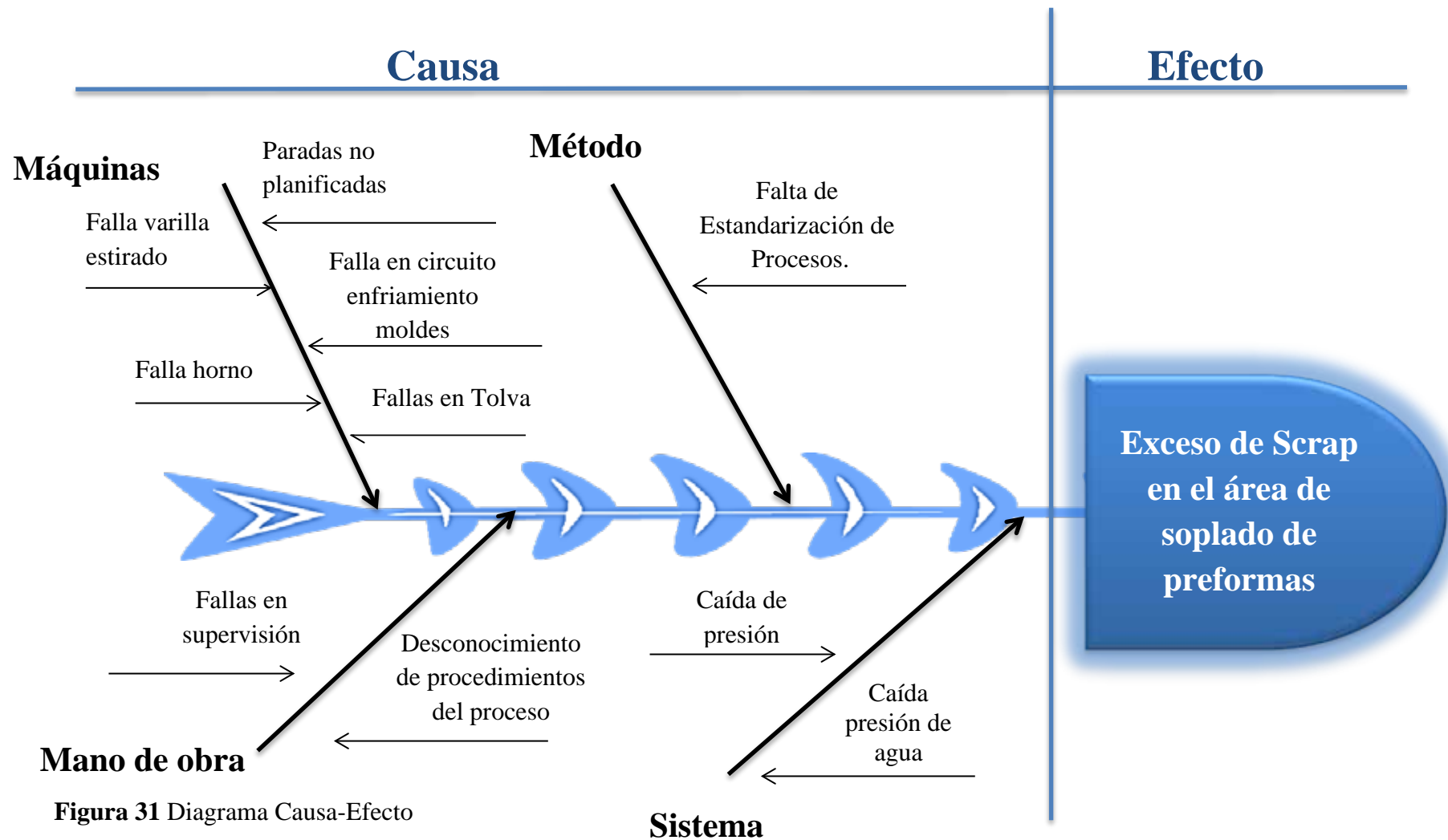


Figura 31 Diagrama Causa-Efecto

Autor: Mileno, Y.(2020)

4.2.2 Estudio del Diagrama Causa – Efecto realizado en el galpón 7 del área de soplado de la empresa Amcor Rigid Packaging Venezuela S.A.

El diagrama anterior, permitió verificar las causas con más impacto en la generación de scrap del proceso de soplado de botellas de la empresa, ahora se explica en el cuadro 8, por medio de un análisis más detallado dichas debilidades que fueron encontradas en el proceso, con ello se evidencia el desperdicio que es tangible tanto como el intangible que va asociada a cada una de los mismos.

Cuadro 8 Resumen detallado de las causas registradas del proceso

RAMA	CAUSA	EFECTO	DESCRIPCIÓN	DSPERDICIO
MÁQUINAS	Falla de Horno. Pk06	Botellas con paredes delgadas	Por el mal estado de las lámparas ya que están viejas y el material es de cuarzo, lo que causa una longitud de onda larga y las preformas se calientan a más de 120°C	-Scrap.
	Falla varilla de estirado mecánico	Punto de inyección en la botella inclinado	Por mala distribución de presión dentro de las maquinas, la varilla no tiene suficiente presión para moverse	-Scrap.
	Falla en circuito enfriamiento moldes	Botellas inclinadas	Por el distanciamiento del galpón 7 de servicios auxiliares, el molde falla por dificultad en el proceso de enfriamiento e incrustaciones solidas por mal tratamiento del agua.	-Scrap.

MÁQUINAS	Paradas no planificadas	Aumento de scrap	Fallas en el sincronismo de las máquinas por falta de mantenimiento	Scrap
	Fallas en Tolva	Botellas oscuras	Por absorción de humedad, polvo y golpes en preformas en cinta transportadora y riel de carga. Tolva no cuenta con una tapa protectora.	Scrap.
MÉTODO	Falta de estandarización en los procesos	Falta de un dispositivo a prueba de errores, que estandarice el proceso.	La carga de preformas en la tolva no tiene un control en la cantidad que debe añadirse para el proceso, las preformas en exceso pueden dañar el riel de carga en las máquinas.	Scrap
MANO DE OBRA	Descon. del problem	Falta de talleres, para actualizar y renovar conocimientos	Desinterés en el área, al inicio de producción se evidencio que lo hacen sin las herramientas pertinentes para el proceso, a su vez se para la máquina para buscar las herramientas.	-Scrap -Exceso de tiempo en la puesta puntos
	Falla en Superv.	Operarios que trabajan con exceso de confianza en el proceso.	No verifican las conexiones de equipos que están conectados a la máquina de soplado, causando paradas imprevistas.	Scrap

SISTEMA	Caída de presión de agua y de presión de aire	Botellas con exceso de material en la base y botellas inclinadas	Por caída de presión de 36 bar y disminución de presión de agua causa de la distancia del galpón 7 con servicios auxiliares y altos picos de demanda. Medidor principal de presión en la máquina Pk06 se encuentra dañado y no se pueden verificar las presiones.	Scrap
---------	---	--	---	-------

Fuente: Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A.

Como se puede observar el diagrama causa efecto se presentan las fallas principales del problema, partiendo de ello se procedió a realizar la ponderación de cada uno de los elementos implicados en el problema aplicando la Técnica de Grupo Nominal. El Cuadro 9, muestra la ponderación realizada según el número de causas encontradas. Cabe destacar que para el puntaje de esta técnica se contó con el apoyo del personal encargado del área de soplado, ingenieros de proceso, supervisores, jefes de mantenimiento, jefes de producción.

Cuadro 9 Técnica del Grupo Nominal

Causa	Ponderación										Puntos	Porcentaje
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Falla en Horno PK06	10	6	5	9	7	4	1	8	9	0	59	12,61%
Falla varilla de estirado mecánico	3	0	5	0	1	0	0	0	2	0	11	2,35%
Falla Moldes PK05	0	5	1	4	3	0	5	0	3	0	21	4,49%
Paradas no planificadas	10	2	7	9	7	8	7	7	3	7	67	14,32%
Falla en Tolva	9	0	0	8	5	10	9	8	0	5	54	11,54%
Falta de estandarización en los procesos	5	1	2	6	3	4	5	5	4	2	37	7,91%
Desconocimiento del proceso	2	0	0	3	4	6	0	5	4	0	24	5,13%
Caída de presión de agua	10	5	0	4	9	9	9	9	9	9	73	15,60%
Caída de presión 36 bar	10	10	9	9	10	10	8	10	9	10	95	20,30%
Falla en supervisión	2	5	0	8	0	6	0	6	0	0	27	5,77%
TOTAL											468	100%

Autor: Mileno, Y. (2020)

4.2.3 Jerarquización de las causas principales por medio de diagrama de Pareto.

Una vez obtenidos los problemas de mayor incidencia en la Técnica de Grupo Nominal en el galpón 7 del área de soplado, se procede a priorizar las causas que generan desperdicios anteriormente mencionados, para esto se utilizará el Diagrama de Pareto, todos los datos obtenidos fue gracias al estudio que se hizo en los (3) meses de Enero, Febrero y Marzo, también por información suministrada por la empresa Amcor Rigid Packaging Venezuela S.A, se realizaron varias observaciones para poder registrar las causas que están generando todos los desperdicios en el proceso de fabricación de botellas, en el Cuadro 10 se puede apreciar la repetitividad de las causas.

Cuadro 10 Resultados de la Técnica de Grupo Nominal

Causa	Puntos	Porcentaje	%Acum
Caída de presión 36 bar	95	20,30%	20,30%
Caída de presión de agua	73	15,60%	35,90%
Paradas no planificadas	67	14,32%	50,21%
Falla en Horno PK06	59	12,61%	62,82%
Falla en Tolva	54	11,54%	74,36%
Falta de estandarización en los procesos	37	7,91%	82,26%
Falla en supervisión	27	5,77%	88,03%
Desconocimiento de procedimientos del proceso	24	5,13%	93,16%
Falla varilla de estirado mecánico	21	4,49%	97,65%
Falla Moldes PK05	11	2,35%	100,00%
Total	468	100,00%	

Autor: Mileno, Y. (2020)

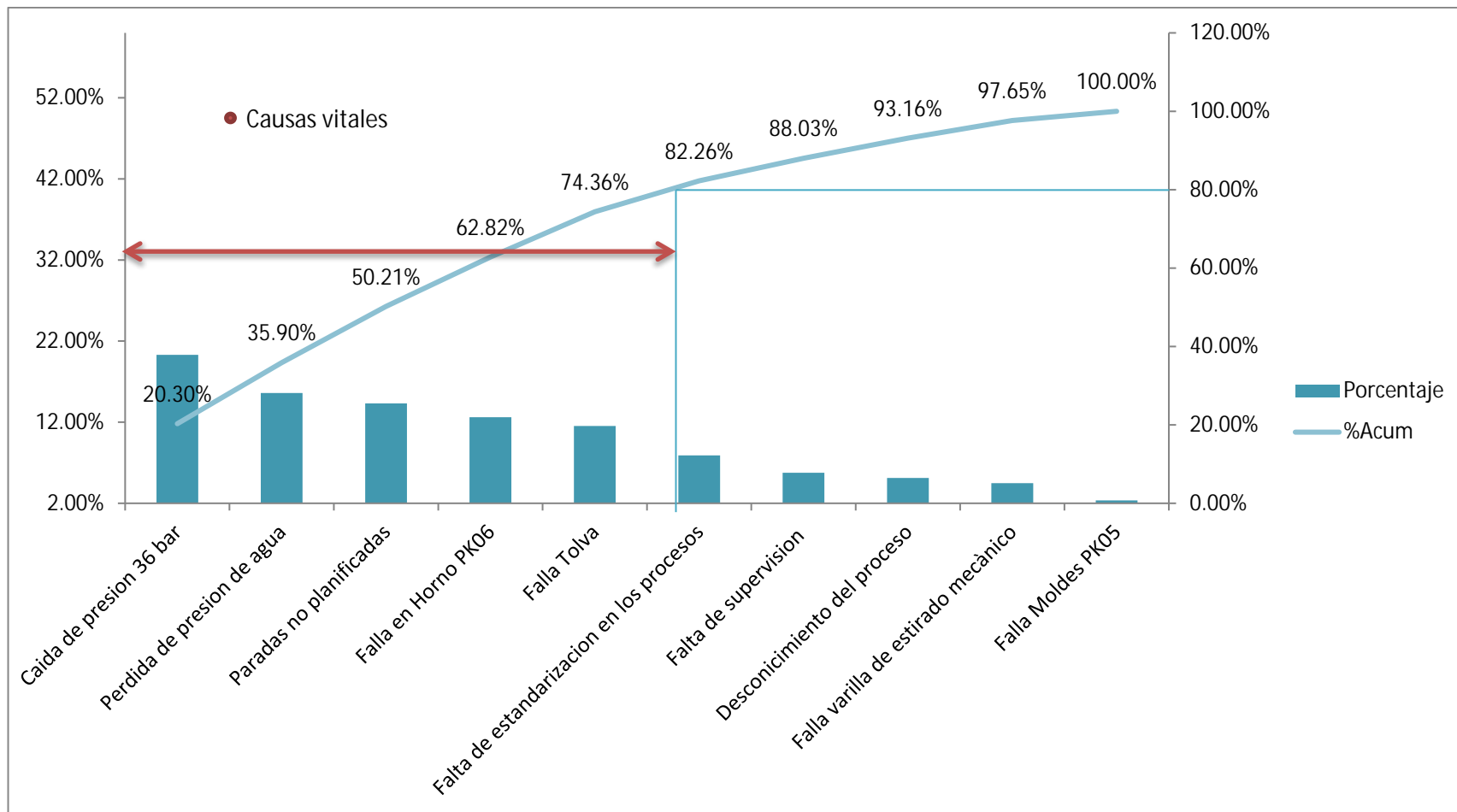


Grafico 3 Diagrama de Pareto en función a las causas encontradas en el proceso de soplado

Autor: Mileno Y. (2020)

El gráfico 3 arrojó como resultado las causas principales que generan el aumento de Scrap en el galpón 7 del área de soplado, donde se evidencia que el 82,26 % de las causas están representadas por la caída de presión, caída de presión de agua, paradas no planificadas, falla en el horno máquina Pk06 y Fallas en la tolva por sobrecarga de preformas.

En tal sentido, conocidas las causas que originan el mayor porcentaje de incidencia en el problema se procede a evaluarlas mediante la técnica de Análisis de Modo Efecto y Falla (AMEF), el cual es un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática, con el objetivo de reconocer y evaluar fallas potenciales y sus efectos, así como identificar acciones que reduzcan o eliminen las posibilidades de fallas y finalmente documentar los hallazgos del análisis.


Es importante resaltar que, por medio del AMEF, se identifica la severidad a la consecuencia de la causa, el nivel de ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra y la detección a la probabilidad de que la falla sea detectada a fin de calcular el indicador NPR (número de prioridad de riesgo), el cual provee la prioridad con la que debe atacarse cada falla identificada. Cabe destacar que para los cálculos de severidad, ocurrencia, y detección se utilizaron escalas ya estandarizadas para la aplicación del AMEF, cuadro 11. Teniendo en cuenta los resultados arrojados del diagrama de Pareto se procedió a aplicar dicha herramienta a las seis causas que generan el problema, para ello se presenta el cuadro 11, con la primera causa seleccionada en el Pareto.

Cuadro 11 Escala de Severidad, Ocurrencia y Detección. AMEF.

Escala de Severidad, Ocurrencia y Detección				
	Intervalo	Severidad(S)	Ocurrencia (O)	Detección(P)
	10-9	Efecto principal / muy alta severidad	Muy altas probabilidades	Prácticamente imposible detectar
	8-6	Inconveniente mayor	Altas probabilidades	Baja capacidad de detectar
	5-3	Inconveniente menor	Moderadas probabilidades	Alta capacidad de detectar
	2-1	Mínimo efecto / sin efecto	Bajas probabilidades	Muy alta capacidad de detectar


Autor: Mileno, Y. (2020)

Cuadro 12 Análisis de Modo y Efecto de falla de Caída de Presión galpón 7.

 Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial AMEF para el Proceso de Elaboración de Botellas										
Proyecto: Plan de mejora en el área de soplado			Proceso: Elaboración de botellas			Página :1/5			AMEF#:P-001	
Tipo AMEF: De Proceso Área: Producción			Líder del Proyecto: Yeniffer Mileno				Realizado por: Yeniffer Mileno			
Ubicación: Soplado			Equipo: SIDEL Serie 2							
Grupo de Trabajo: Gerente de Planta, Supervisor de Operaciones, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Auditor de Calidad, Asistente de Proceso.							Fechas AMEF:			
Sistema	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	Causas de falla	Situación actual					Acciones recomendadas
					Acciones Actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	
Máquina de soplado SIDEL serie 2	Soplado de botellas PET	Aumento de Scrap por botellas con exceso de material en la base	Caída de presión por debajo de 37 bar hacia las máquinas del galpón 7	Distanciamiento de las máquinas del galpón 7 de los compresores, altos picos de demanda de aire por las demás áreas	No existen	9	8	8	576	-Instalación de un pulmón de aire comprimido en el galpón 7. -Reemplazo de Manómetro dañado Pk06, además de una gestión visual en manómetros para chequear la presión correcta.


Autor: Mileno, Y. (2020)

Cuadro 13 Análisis de Modo y Efecto de falla de Caída de presión de agua galpón 7

 Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial AMEF para el Proceso de Elaboración de Botellas										
Proyecto: Plan de mejora en el área de soplado			Proceso: Elaboración de botellas		Página :2/5				AMEF#:P-001	
Tipo AMEF: De Proceso Área: Producción			Líder del Proyecto: Yeniffer Mileno					Realizado por: Yeniffer Mileno		
Ubicación: Soplado			Equipo: SIDEL Serie 2							
Grupo de Trabajo: Gerente de Planta, Supervisor de Operaciones, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Auditor de Calidad, Asistente de Proceso.							Fechas AMEF:			
Sistema	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	Causas de falla	Situación actual					Acciones recomendadas
					Acciones Actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	
Máquina de soplado SIDEL serie 2	Soplado de botellas PET	-Botellas inclinadas (Scrap)	-Pérdida de presión de agua. -Incrustaciones solidas en molde de las máquinas y tuberías	-Por picos de demanda de presión de agua de otras áreas -Mal tratamiento de agua.	No existen	9	6	8	432	-Instalar Bomba hidráulica para mantener presión constante. - Instalar dispositivos Merus para el correcto tratamiento de agua de los circuitos de distribución de las máquinas.


Autor: Mileno, Y. (2020)

Cuadro 14 Análisis Modo y Efecto de falla de Falla de Horno PKO6

 Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial AMEF para el Proceso de Elaboración de Botellas										
Proyecto: Plan de mejora en el área de soplado			Proceso: Elaboración de botellas			Página :3/5			AMEF#:P-001	
Tipo AMEF: De Proceso Área: Producción			Líder del Proyecto: Yeniffer Mileno				Realizado por: Yeniffer Mileno			
Ubicación: Soplado			Equipo: SIDEL Serie 2							
Grupo de Trabajo: Gerente de Planta, Supervisor de Operaciones, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Auditor de Calidad, Asistente de Proceso.								Fechas AMEF:		
Sistema	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	Causas de falla	Situación actual					Acciones recomendadas
					Acciones Actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	
Máquina de soplado SIDEL serie 2	Soplado de botellas PET	Botellas con paredes delgadas (scrap)	Fallas en las lámparas del horno Pk06	Lámparas viejas y el material es de cuarzo, lo que causa una longitud de onda larga y las preformas se calientan a más de 120°C	No existen	7	6	8	336	Reemplazar lámparas actuales por lámparas de tungsteno de cuarzo, para una correcta distribución de calor infrarrojo en el proceso.


Autor: Mileno, Y. (2020)

Cuadro 15 Análisis Modo y Efecto de falla Paradas no planificadas

 Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial AMEF para el Proceso de Elaboración de Botellas										
Proyecto: Plan de mejora en el área de soplado			Proceso: Elaboración de botellas			Página :4/5			AMEF#:P-001	
Tipo AMEF: De Proceso Área: Producción			Líder del Proyecto: Yeniffer Mileno					Realizado por: Yeniffer Mileno		
Ubicación: Soplado			Equipo: SIDEL Serie 2							
Grupo de Trabajo: Gerente de Planta, Supervisor de Operaciones, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Auditor de Calidad, Asistente de Proceso.								Fechas AMEF:		
Sistema	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	Causas de falla	Situación actual					Acciones recomendadas
					Acciones Actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	
Máquina de soplado SIDEL serie 2	Soplado de botellas PET	Paradas de maquina no planificadas	Fallas en sincronismo en instrumentos de las maquinas	Falta de un plan de mantenimiento en las maquinas	No existen	7	7	6	294	Elaborar un plan actualizado de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos y maquinarias del área de soplado.

Autor: Mileno, Y. (2020)

Cuadro 16 Análisis Modo y Efecto de Falla Tolva por sobrecarga de preformas.

 Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial AMEF para el Proceso de Elaboración de Botellas										
Proyecto: Plan de mejora en el área de soplado			Proceso: Elaboración de botellas			Página :5/5			AMEF#:P-001	
Tipo AMEF: De Proceso Área: Producción			Líder del Proyecto: Yeniffer Mileno				Realizado por: Yeniffer Mileno			
Ubicación: Soplado			Equipo: SIDEL Serie 2							
Grupo de Trabajo: Gerente de Planta, Supervisor de Operaciones, Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Auditor de Calidad, Asistente de Proceso.							Fechas AMEF:			
Sistema	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	Causas de falla	Situación actual					Acciones recomendadas
					Acciones Actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	
Máquina de soplado SIDEL serie 2	Soplado de botellas PET	Botellas oscuras. (scrap)	Preformas sucias y golpeadas.	Tolva sin tapa, expuesta al ambiente y sin límite de capacidad de almacenamiento preformas.	No existen	7	5	6	210	Instalación de una tapa basculante automática en la Tolva.

Autor: Mileno, Y. (2020)

En base a los resultados del indicador NPR (número de prioridad de riesgo) en cada una de las causas que generan scrap, se logró identificar la prioridad con la que debe resolver cada una de ellas y a su vez las diferentes acciones, cuadro 17.

Cuadro 17 Causas potenciales generadoras de Scrap y acciones

Causas	Análisis	Acciones
Caída de presión de aire	Por medio del análisis en las fases I y II se encontró que la causa es por el distanciamiento de las máquinas del galpón 7 del pozo de agua. Mal tratamiento de agua.	-Instalación de un pulmón en el galpón 7. -Reemplazo de Manómetro dañado Pk06, además de una gestión visual en manómetros para chequear la presión correcta.
Caída de presión de Agua	Se evidenció por medio del análisis en la fase II que la caída es por los picos de demanda de las demás áreas y la distancia del galpón 7 de los servicios. Las incrustaciones en tuberías y moldes por mal tratamiento de agua.	-Instalar Bomba hidráulica de mayor capacidad. - Instalar dispositivos Merus para el correcto tratamiento de agua de los circuitos de distribución de las máquinas.
Falla de Horno PK06	Por medio de observación directa se evidenció que las lámparas están en mal estado y el material es de cuarzo, lo que causa una longitud de onda larga y las preformas se calientan a más de 120°C	Sustituir lámparas por lámparas de tungsteno de cuarzo
Paradas no planificadas	Falta de un plan de mantenimiento en las máquinas y capacitación actualizada al personal	Elaborar un plan actualizado de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos y maquinarias del área de soplado.
Falla en Tolva por sobrecarga de preformas	Tolva sin tapa expuesta al ambiente y sin límite de capacidad de almacenamiento preformas.	Instalación de una tapa basculante automática en la Tolva.

Autor: Mileno, Y. (2020)

4.2.4 Circuito de enfriamiento de Máquinas Sidel

Para interpretar los resultados obtenidos con las herramientas de análisis, sobre todo en los picos alcanzados en la caída de presión de agua, el cual afecta directamente el sistema de enfriamiento de las maquinas, se procedió a una evaluación de la misma mediante el cálculo de la turbidez del agua en la entrada de las máquinas, ya que para el correcto enfriamiento en los moldes el agua debe estar en modo turbulento, este análisis se hizo por medio del cálculo de la ecuación de Reynolds, para dicho cálculo se conocen los siguientes datos proporcionados en el área:

D: diámetro del canal de enfriamiento = 0,0158m para una tubería de ½”

Va: velocidad promedio del medio de enfriamiento = 0,172m/s una vez cae la presión de agua.

: Densidad del medio de enfriamiento = 999,699 — para una temperatura de 10°C.

μ: viscosidad de cinemática del agua = 1,31 —

Sustituyendo en la ecuación del número de Reynolds se tiene como resultado:

$$nRe = D \cdot Va \cdot \rho / \mu; \quad nRe = \frac{D \cdot Va \cdot \rho}{\mu}$$

Para el correcto funcionamiento del circuito de enfriamiento en el molde el flujo de agua debe ser turbulento con un numero de Reynolds mayor a 2100, en los cálculos se refleja un valor menor que indica que el flujo en el proceso no es turbulento, esto es debido a la pérdida de energía cinética causada por el distanciamiento de las maquinas en el galpón 7, por esta razón se propone la instalación de una bomba hidráulica con una potencia mayor que pueda compensar dichas perdidas en el sistema.

4.2.5 Resumen de mejoras encontradas en el análisis

Teniendo en consideración los resultados arrojados en la fase II, se presentan en el cuadro 18 las causas de mayor relevancia y la propuesta para su posible solución

Cuadro 18 Resumen de mejoras encontradas

Causas	Mejoras
Caída de presión de aire	-Instalación de pulmón de aire comprimido en el galpón 7. -Reemplazo de Manómetro dañado Pk06, además de una gestión visual en manómetros para chequear la presión correcta.
Caída de presión de Agua	-Instalación de Bomba hidráulica de mayor capacidad. - Instalar dispositivos Merus para el correcto tratamiento de agua de los circuitos de distribución de las máquinas.
Falla de Horno PK06	Sustituir lámparas por lámparas de tungsteno de cuarzo.
Paradas no planificadas	-Elaborar un plan actualizado de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos y maquinarias del área de soplado. -Hacer una capacitación actualizada sobre el mantenimiento de las máquinas al departamento de mantenimiento y operaciones.
Falla en Tolva por sobrecarga de Preformas	Instalación de una tapa basculante automática en la Tolva.

Autor: Mileno, Y. (2020)

4.3 Fase III Diseñar un plan de mejoras para reducir el Scrap en el proceso de soplado de botellas 500ml y 1L

En esta fase se diseña un plan estratégico con propuestas de mejora para disminuir las causas potenciales generadoras de Scrap encontradas en la fase II que representan el 80%. Las propuestas de mejora con respecto al área de soplado, van orientadas al funcionamiento mecánico de las máquinas, funcionamiento de circuito hidráulico y de aire y el funcionamiento de temperatura, con el fin de que el proceso sea preciso y así reducir los altos índices de Scrap. En función a los resultados obtenidos en la fase de análisis del presente trabajo de investigación, se

debe mencionar que el alcance es la mejora de los procesos y equipos del galpón 7 del área de soplado.

4.3.1 Estrategia de mejora N°1 propuesta de instalación de pulmón de aire comprimido y gestión visual en manómetros para chequeo de presión.

La caída de presión de aire en diferentes momentos del día se debe a los picos de demanda de aire de las maquinarias de otras áreas de la empresa y la distancia del galpón 7 del área de soplado con los servicios auxiliares, ya que en las tuberías por distanciamiento se producen pérdidas de caudal de aire, lo cual causa problemas de producción en dicha área, ya que la presión mínima de trabajo de las máquinas de soplado debe ser de 40bar, cuando ocurre la caída repentina de presión de aire las máquinas fallan en su proceso de estirado mecánico de preformas, presoplado, y soplado, generando exceso de material en la base de las botellas, puntos de inyección descentrados, y cuellos doblados, dichas botellas son denominadas scrap ya que no se pueden volver a procesar.

4.3.1.1 Criterios para la selección del pulmón auxiliar de aire comprimido

Para conocer las características del pulmón de aire a instalar, se tomaron datos procedentes de la revisión documental en el área, los cuales fueron: caudal de aire de demanda en el galpón 7, presión de trabajo del compresor en servicios auxiliares, la distancia que recorre la tubería de presión hasta el área y sus dimensiones, y por medio de los datos y el gráfico 4 se realizó el cálculo para obtener la cantidad exacta de presión perdida hacia el área y así conocer la capacidad del pulmón de aire a instalar:

Compresor ABC 4HP-4-LT Presión nominal 42 Bar

Características de la Demanda:

Tubería 2 ½"

Caudal demandado: 1400 CFM ()

Longitud de línea suministro 170 metros Aprox (557.7 ft)

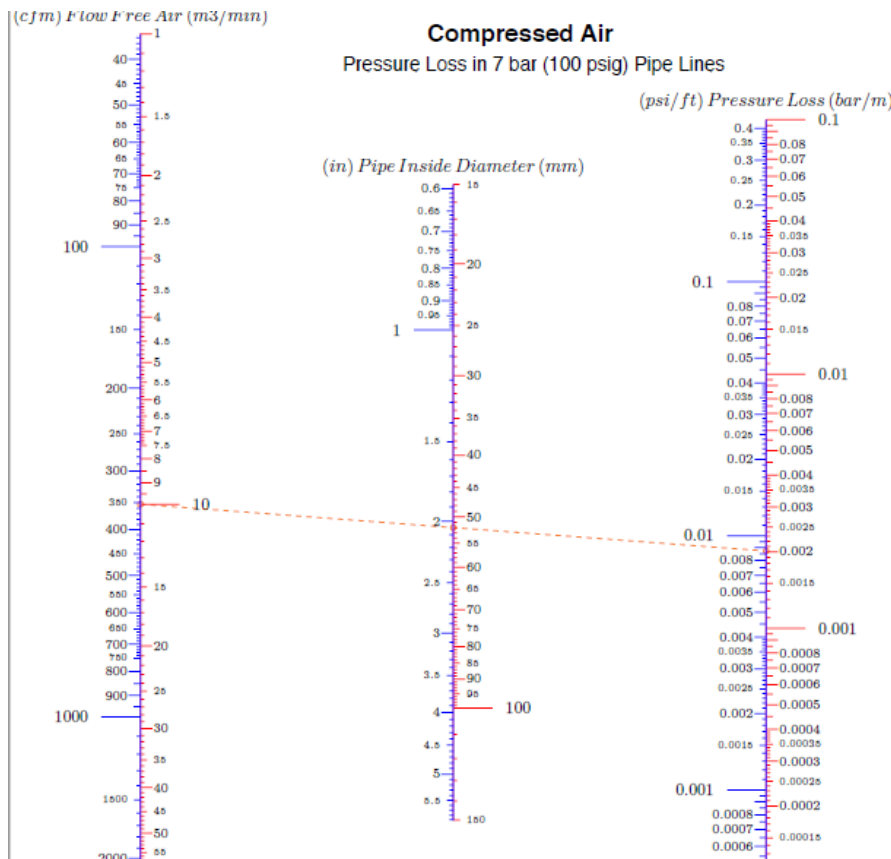


Figura 21 Estimación de pérdidas de presión.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

Usando los datos proporcionados por la figura 21 se tiene:

Caída de presión Estimada: 14.64 psi/ 100 ft @ 1412 CFM

0.1464 psi/ft

$557.7 \text{ pie} \times 0.1464 \text{ psi} = 81.6 \text{ psi}$ caída en la línea full capacidad (5.63 Bar perdida)

$42 \text{ Bar} - 5.63 = 36,37 \text{ Bar}$ en Maquinas.

De acuerdo a los cálculos realizados la cantidad de presión perdida en la línea hacia el galpón 7 es de 3.97 bar, llegando una presión de 36.37 bar a las máquinas de soplado, de acuerdo a dicho calculo la capacidad del pulmón de aire auxiliar debe ser de 250gal con un almacén de aire de 32pie³ para estabilizar la presión al momento de alta demanda de aire. En la figura 32 y el cuadro 19 se detallan las características del pulmón auxiliar.

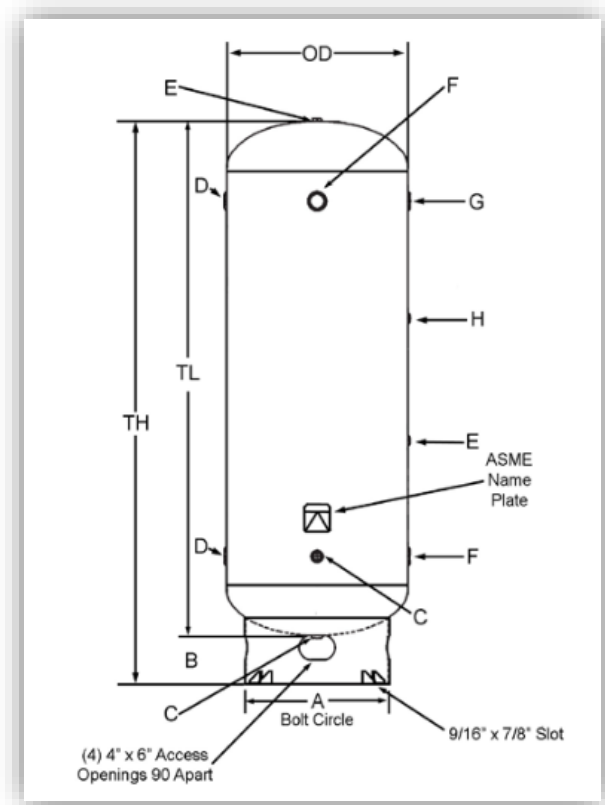


Figura 32 Características técnicas de pulmón auxiliar de aire
Fuente: Catalogo de tanques de pulmón auxiliar engineering toolbox

En la línea de 2 ½" de aire proveniente de los compresores de 42 Bar, la capacidad del pulmón de aire auxiliar es de 240 galones, con un almacenamiento de aire de 13,79bar, contiene dos válvulas mariposa 2 ½", un manómetro de salida incluido con rango 0 a 80 Bar. Conexiones tuberías reducidas a 2" para la conexión al tanque.

Cuadro 19 Dimensiones del pulmón e aire

NOM CAP		Part #	MAWP	TW	DIMENSIONS IN INCHES					NPT OPENINGS					
Gal	Cu Ft				OD	TL	TH	A	B	C	D	E	F	G	H
120	16.04	302421	200	329	24	67	75	21	8	1	2	1/2	2	1 1/2	1/4
120	16.04	302422	300	379	24	67	75	21	8	1	2	1/2	2	1 1/2	1/4
200	26.74	302426	200	421	30	72	80	27	8	1	2	1/2	2	1 1/2	1/4
200	26.74	302427	300	720	30	72	80	27	8	1	2	1/2	2	1 1/2	1/4
240	32.09	302428	200	497	30	84	92	27	8	1	2	1/2	2	1 1/2	1/4

Fuente: Catalogo de tanques de pulmón auxiliar engineering toolbox

4.3.1.2 Gestión visual en manómetros y formato de seguimiento de presión

Por medio de la observación directa en el galpón 7 se observó que el manómetro que indica la presión de llegada a la maquina Pk06 se encuentra dañado, se propone un reemplazo del mismo ya que es importante un chequeo visual continuo por parte de operadores y supervisores de la presión de llegada a las máquinas. Las características de dicho manómetro son las siguientes: manómetro para la máquina Pk06 2 ½”, rango de dial 0-70, rango de trabajo 40-42 bar.

Con el nuevo pulmón instalado los chequeos de presión deben realizarse con regularidad, estos chequeos se harán por medio de un formato impreso que debe ser entregado al departamento de mantenimiento para el seguimiento continuo de la presión y buen trabajo de pulmón, dicho formato contendrá la fecha, la semana, año, los días de la semana, verificación de presiones de entrada y salida del pulmón y de entrada a las máquinas, chequeo de fugas, firma del técnico y observaciones adicionales, ver figura 33. El formato debe ser llenado diariamente por los operarios de turno.

Chequeo Diario de pulmón Auxiliar de Aire Soplado

Semana: del ___ al ___ de _____ Año: _____ Tanque Pulmón # _____

ITEM	PARAMETRO	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
		HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA
VERIFICAR PRESION DE CARGA	12,73 BAR														
FUGAS DE AIRE	AUSENCIA														
ESTADO DE TUBERIAS	BUEN ESTADO														
PRESION SALIDA	2-6 BAR														
PRESION ENTRADA MAQUINAS	42BAR														
FIRMA DEL TÉCNICO															

OBSERVACIONES: LUNES _
MARTES _
MIÉRCOLES _
JUEVES _
VIERNES _
SÁBADO _

Figura 33 Formato chequeo diario de Pulmón Auxiliar de Aire.
Autor: Mileno, Y. (2020)

Para visualizar la presión de las máquinas y pulmón con facilidad y rapidez se propone una gestión visual que consiste en utilizar etiquetas alrededor de los manómetros indicando la presión fuera de rango en rojo (por debajo de 40 bar) y la presión correcta en verde (40bar), figura 34.



Figura 34 Gestión visual manómetros principales.

Fuente: Galpón 7 área de soplado de Amcor Rigid Packaging de Venezuela, S.A

4.3.1.3 Usos y beneficios del pulmón de aire auxiliar y gestión visual de manómetros

El principal uso del pulmón auxiliar de aire es compensar los picos de demanda de aire cuando estos ocurran en cualquier momento del día haciendo que la presión sea constante, ya que almacena aire comprimido, la distancia del galpón 7 de servicios auxiliares ya no será un problema al tener un constante almacenamiento en el pulmón. En cuanto a la gestión visual, es importante chequear las presiones correctas de entrada a las máquinas, los manómetros deben estar en buen estado visual, de lo contrario no se llevaría un registro de las fallas por esta causa.

El beneficio de instalar el pulmón de aire auxiliar es reducir el scrap que se genera por las constantes pérdidas de aire en la producción, la recolección de datos hecha en los meses de Enero, Febrero y Marzo 2020, de reportes de scrap en el sistema SAP del departamento de operaciones para el tipo de scrap punto de inyección descentrado, exceso de material en la base y cuello doblado causado por

la pérdida de presión en las maquinas se puede observar en el cuadro 20.

Cuadro 20 Tipo Scrap por caída de presión

Minalba 500ml	Vinagre Mavesa 1L
1.330.000pz	1.321.000pz
Total 2.65200pz	

Autor : Mileno, Y. (2020)

Al tener la presión correcta de 40 bar en las máquinas de soplado Pk05 y PK06 se reducirá un total de 2.65200 piezas de desperdicio botellas. En cuanto a los beneficios de la gestión visual, se toman los registros de presión de manera rápida, si se presenta alguna deficiencia en las presiones podrá ser visualizada rápidamente.

4.3.1.4 Ventajas productivas y económicas del pulmón de aire auxiliar y gestión visual de manómetros

Al instalar el pulmón auxiliar de aire se notara rápidamente las ventajas productivas ya que se aumentara el número de botellas beneficiando la producción en el área, aumentará la eficiencia de las maquinas en sus procesos de estirado mecánico, presoplado y soplado y disminuye la cantidad de desperdicio que no puede volver a utilizar. Como ventajas económicas se cumplirán las órdenes de producción, no habrá pérdida de dinero por scrap de botellas, menor impacto al ambiente y aumento de eficiencia productiva.

4.3.2 Estrategia de mejora N°2. Propuesta de instalación de Bomba hidráulica para mantener la presión de agua constante e instalación de dispositivos para el correcto tratamiento de agua.

La demanda de agua de otras áreas de la empresa y la distancia del galpón 7 de los servicios auxiliares genera una constante pérdida de presión de agua, cruces de tuberías, accesorios de las mismas, codos, válvulas etc, causan estas pérdidas de energía cinética hasta la llegada de las maquinas, la presión nominal de agua requerida para las maquinas es de mínimo 5bar, se evidenció en los manómetros

una presión de trabajo de 3,57bar que afecta significativamente al circuito de enfriamiento de las máquinas, causando fallas en el proceso de enfriamiento de los moldes, En la fase II del presente trabajo se realizó el cálculo de la turbulencia del agua en la entrada de la maquina PK05 mediante la ecuación de Reynolds dando como resultado un valor de 2073,87 indicando que el agua no es suficientemente turbulenta para el proceso de enfriamiento rápido, ya que el valor debe ser mayor a 2100. Por otra parte, el tratamiento de agua no es adecuado para el sistema por las incrustaciones solidas observadas en los moldes. La deficiencia en estos procesos se evidencia en la generación de scrap del tipo botellas inclinadas y finish dañado en cantidades significativas.

4.3.2.1 Criterios para la selección de la bomba hidráulica

La presión mínima requerida por las maquinas en su proceso de enfriamiento es de 5bar, a partir de esta presión se realizaron los cálculos para la selección de la bomba hidráulica que aportará mayor energía cinética al fluido, manteniendo la presión constante en el sistema, su instalación será en el galpon 7, puesta en serie con la bomba hidráulica actualmente instalada.

Calculo de Cabeza de Altura Requerido

$$h = 2.31 * p / SG$$

Donde

h = es la altura (m)

P = presión requerida en PSI == Pdescarga - Psuc

SG= Gravedad Especifica

Psuc= 3,57 Bar = 51.77847 psi

Prequerida = 5 Bar =72,52 psi

P = 20,74 psi (requerido mínimo), Siendo esta la presión requerida para aumentar la energía cinética del sistema de bombeo y compensar la pérdida de velocidad en picos de demanda. Para el valor de gravedad específica se usará el valor estandarizado de la gravedad específica del fluido de trabajo, en este caso agua, el valor es:

SG @ 10°C = 1

Por lo tanto se tiene como resultado la altura de cabezal requerido de trabajo

De acuerdo a la figura anterior y los datos calculados la bomba seleccionada para aumentar la presión de llegada al galpón 7 será de 2hp, modelo HF5AM. diámetro de succión 2" - descarga 2". De esta manera se puede elevar la presión hasta 21.645 psi, en bar 1.49 mínimo. Si la presión de entrada estuviera en 3.57 Bar, al utilizar la bomba en serie alcanzaría una presión de:

$$3.57 + 1.49 = 5.06 \text{ Bar compensada}$$

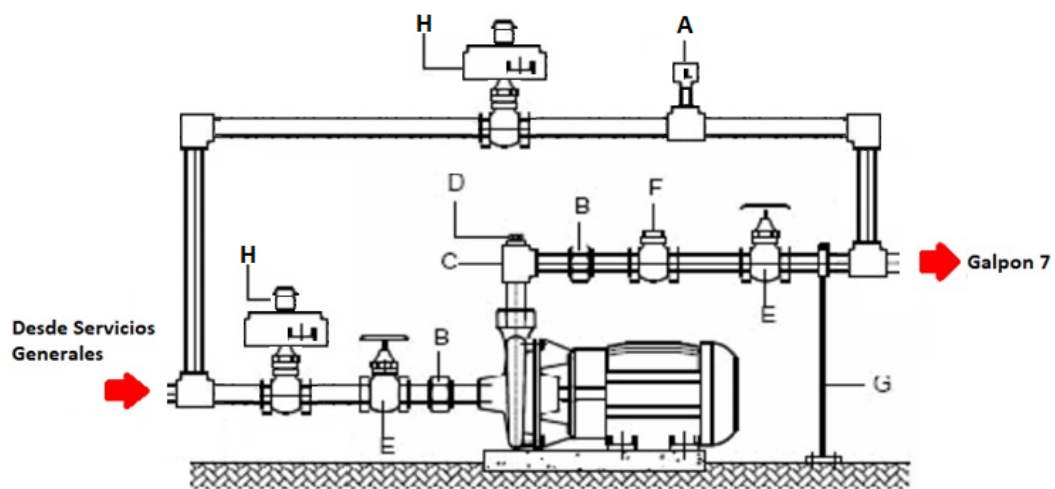


Figura 36 Instalación de Bomba Hidráulica 2HP

Autor: Mileno, Y. (2020)

Leyenda:

A: Presostato de control

B: Unión universal

C: Tee

D: Tapón de cebado

E: Válvula manual de bola

F: Válvula check

G: Soporte de tubería

H: válvula de bola acción neumática 7 Bar.

Filosofía de Control: dado que el rango de presión de la Máquina es 5 – 6 Bar, el control de la bomba será de la siguiente forma:

Cuando el Presostato mida una presión por debajo de 5 bar, Acciona lo siguiente:

1. Abre válvula neumática succión de bomba
2. Arranca la bomba
3. Cierra válvula neumática bypass

Cuando el Presostato mida una presión superior a 6 bar Acciona lo siguiente:

1. Abre la válvula neumática bypass
2. Apaga la bomba
3. Cierra la válvula Neumática succión de la bomba

4.3.2.2 Características técnicas del dispositivo Merus para el tratamiento de agua

Se trata de un anillo de aluminio circular que va instalado en tuberías. Los anillos Merus son cargados con diferentes patrones de oscilaciones, cada uno de los cuales está enfocado a resolver problemas específicos como la reducción prevención de la acumulación de incrustaciones y la reducción de la corrosión. El cambio va dirigido específicamente a las vibraciones de las moléculas para modificar las características físicas del agua, ya que en la misma hay partículas suspendidas en una fase homogénea, el anillo absorbe los sólidos antes que se asienten y se formen en las paredes de las tuberías (Ver figura 37). Los anillos Merus no modifican las características químicas del agua.

Una de las características especiales de Merus es que no se requieren químicos para tratar el agua, en lugar de procesos químicos, el comportamiento físico del agua juega un papel muy importante.

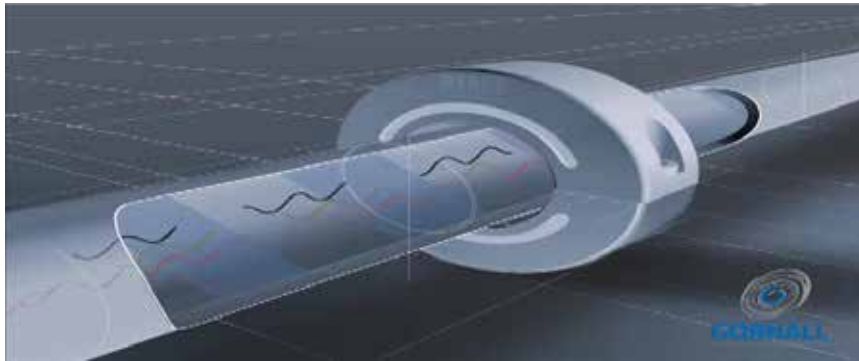


Figura 37 Tratamiento de agua anillos Merus.
Fuente: Merus.es

Los átomos se mueven en sincronía, es decir, cada átomo oscila del mismo modo que su vecino. Si se introduce una segunda oscilación en el movimiento, ambas oscilaciones se pueden superponer, a esto se le conoce como interferencia, de este modo, dos oscilaciones resultan en una nueva oscilación. Los anillos se instalarán en las tuberías de la entrada de agua en las maquinas Pk05 y PK06, dos anillos Merus de 2 ½ “, figura 38.



Figura 38 Anillo Merus.
Fuente: Merus.es

4.3.2.3 Usos y beneficios de la instalación de la bomba hidráulica e instalación de anillos Merus en tuberías.

El uso principal de la instalación de la bomba hidráulica es reforzar el bombeo de agua actual y aumentar la presión de agua del circuito de enfriamiento para compensar las pérdidas que se generan por los picos de demanda de presión de agua por las demás áreas y el distanciamiento del galpón 7 con los servicios auxiliares. En cuanto a la instalación de anillos Merus su función principal es para el correcto tratamiento de agua, evitando la formación de películas sólidas en moldes y tuberías

Beneficios:

Con la instalación de la bomba hidráulica se compensarán las pérdidas de presión causadas por el distanciamiento, mejorará la eficiencia del circuito de enfriamiento de las máquinas. El anillo Merus reducirá los costos asociados al tratamiento de agua, evitará las incrustaciones sólidas en los moldes de las máquinas, no requiere de mantenimientos. Ambas instalaciones reducirán el scrap causado por el mal funcionamiento del circuito de enfriamiento, los cuales son del tipo botellas inclinadas y finish dañado, en el cuadro 21 se observa la cantidad en piezas de botellas denominadas scrap por este tipo de fallas.

Cuadro 21 Scrap por inclinación

Minalba 500ml	Vinagre Mavesa 1L
569.000pz	535.000pz
Total 1.104000pz	

Autor : Mileno, Y. (2020)

Al tener la presión correcta en el circuito de enfriamiento de 5bar y una reducción de las incrustaciones sólidas en los moldes se reducirán 1.104000pz de botellas denominadas scrap.

4.3.2.4 Ventajas productivas y económicas de la instalación de la bomba hidráulica y anillos Meros para tratamiento de agua.

En cuanto a las ventajas productivas se mejorara la eficiencia de las maquinas, se reducirán las paradas no planificadas por este tipo de fallas, los moldes en las máquinas funcionaran de manera correcta, sin incrustaciones sólidas, se aumentara el número de botellas producidas en el área. Para ventajas económicas el anillo Merus reduce los costos en tratamiento de agua, no necesita mantenimiento, protege el ambiente, no incluye costos de instalación y la vida media del dispositivo es de 5 años.

4.3.3 Estrategia de mejora N°3 Sustitución de lámparas infrarrojas de cuarzo por lámparas de Tungsteno de Cuarzo en la zona de horno de las maquinas sopladoras.

El proceso de calentamiento de preformas en los hornos se ha visto afectado por la mala distribución de calor en las mismas, las preformas antes de ser sopladas, deben calentarse a 120°C, quedando su estructura molecular amorfo-cristalina, estado físico ideal para ser estiradas mecánicamente, presopladas y sopladas. Con las lámparas actuales, de cuarzo, el calentamiento es más de 120°C, ya que se encuentran viejas y el material de cuarzo emite una onda de longitud larga, proceso que genera botellas con paredes delgadas por exceso de calor en preformas, dichas botellas son denominadas scrap.

4.3.3.1 Características de las lámparas de Tungsteno de Cuarzo

La tecnología térmica infrarroja funciona por medio de la transmisión de ondas electromagnéticas que generan calor en el producto, las lámparas de tungsteno de cuarzo emiten una longitud de onda corta a preformas para su correcta distribución de calor, entre 1-2 micrómetros. La aleación de tungsteno y cuarzo además de poseer alta transmisión de calor, es un material fuerte ante altas temperaturas, lo que hace que las lámparas sean resistentes. La intensidad espectral de radiación es conocida como la energía emitida, cuando se habla de emisión se debe pensar al mismo tiempo en absorción, en cierta dirección, y es definida como la energía que emerge por unidad de tiempo, de longitud de onda y de área normal a la dirección dentro de un ángulo sólido determinado, en pocas

palabras es una propiedad que determina que tanto de la radiación que llega al cuerpo es absorbida. La longitud de las lámparas es de 650mm de largo y voltaje de 220v, transparentes. Ver figura 39.

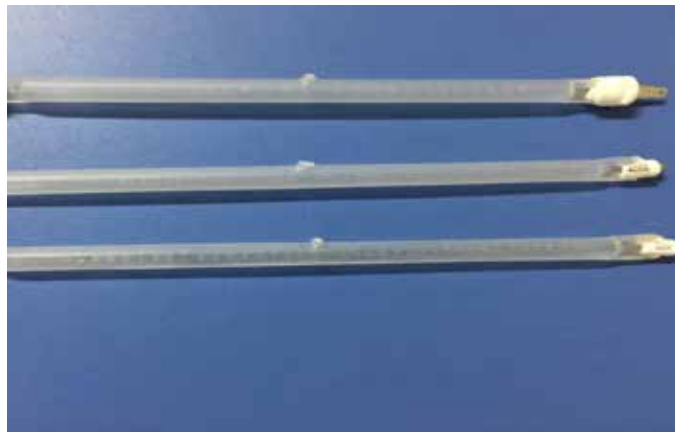


Figura 39 Lámparas de Tungsteno de Cuarzo
Fuente: Lámparas infrarrojas Sidel

4.3.3.2 Usos y beneficios de las lámparas infrarrojas de tungsteno de cuarzo

El uso principal es calentar las preformas de manera correcta a 120°C, con una longitud de onda entre 2-3 micrometros establecido en los manuales de las máquinas de soplado Sidel. Entre los beneficios están aumentar la eficiencia en el calentamiento de preformas antes del estirado, presoplado y soplado de las mismas, reduce el consumo de energía eléctrica, la lámparas por la aleación son resistentes y contribuye a la reducción del tipo de scrap, cuadro 22, de botellas con paredes delgadas generado por el calentamiento excesivo de las preformas.

Cuadro 22 Scrap por calentamiento excesivo en preformas

Minalba 500ml	Vinagre Mavesa 1L
548.000pz	594.000pz
Total 1.142000pz	

Autor : Mileno, Y. (2020)

El total de desperdicio de piezas de botellas por mala distribución de calor en las maquinas generado en los meses de Enero, Febrero y Marzo del años 2020

suma un total de 1.142000pz, esta cantidad será reducida al corregir la distribución de la calor en las máquinas.

4.3.3.3 Ventajas productivas y económicas de las lámparas de tungsteno de cuarzo.

A nivel productivo aumenta la producción de botellas, disminuye el scrap generado por la deficiencia en el proceso de calentamiento en el horno de las máquinas. A nivel económico consume menos energía eléctrica, el ahorro es del 15% con el uso de estas lámparas, la duración de las mismas es de dos años, mejora el desempeño ecológico.

4.3.4 Estrategia de mejora N°4 Propuesta de actualización de plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria.

Las paradas no planificadas en el galpón 7 son frecuentes por fallas en el sincronismo de las máquinas, estas fallas son generalmente por falta de lubricación que se traduce en falta de la actualización de un plan de mantenimiento. El objetivo de esta propuesta es mostrar un modelo de Mantenimiento que tenga como finalidad una mejora en la productividad, confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria buscando la excelencia con una operación adecuada, con un mantenimiento preventivo, Predictivo y correctivo planeado para disminuir pérdidas causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción.

Para el desarrollo de la propuesta, se realizó un plan de mantenimiento preventivo y correctivo detallado, donde se involucra a todo el personal, estableciendo como medida primordial todas las operaciones de elaboración de botellas dentro de la empresa. Así mismo, se planteó un formato de inspección y el cronograma de actividades respectivo, incluyendo el programa de capacitación del personal. Para efectuar las inspecciones descritas en la secuencia de las actividades de mantenimiento, se debe utilizar el formato del historial de la máquina que indique las reparaciones y costos de las mismas. De tal manera que, se aseguren las inspecciones periódicas y las reparaciones rápidas dentro de la empresa. Se realizara el llenado de fichas de control de cada máquina, las cuales permanecerán en el departamento de mantenimiento, cuadro 23.

Cuadro 23 Registro de Maquinaria y equipos

CÓDIGO			FECHA				
Nº	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)	DE COMPRA	PROVEEDOR	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CAPACIDAD	OBSERVACIONES

Autor Mileno, Y. (2020)

4.3.4.1 Establecer un cronograma de Mantenimiento Preventivo

Esta acción se fundamenta en la programación de las rutinas de mantenimiento que se efectuarán durante un año, mediante un programa semanal, quincenal y mensual a los equipos involucrados en la elaboración de botellas, así pues, se contribuirá con un proceso productivo más seguro y rentable, además de brindar mayor seguridad en el manejo de los equipos, alargando su vida útil, reduciendo el tiempo perdido por paradas inesperadas y/o no programadas. El cronograma que se detalla a continuación, describe en forma resumida las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina (en este caso a la máquina de soplado), explicando las acciones, plazos y actividades.

Procedimiento para dar mantenimiento preventivo a las máquinas de soplado galpón 7

Frecuencia: semanal, quincenal y mensual

Rueda de soplado

- Limpieza y lubricación de levas de bloqueo y desbloqueo de molde.
- Limpieza y lubricación de cavidades de molde.
- Lubricación de unidad portamolde.
- Lubricación de leva de subida de fondo de molde.
- Ajuste de tornillos de tope consola a 0,15 mm.
- Lubricación de guías de fondo de molde y pernos guía con grasa alimenticia.
- Limpieza y lubricación de levas de apertura y cierre de molde. Revisar grasa remanente en cartucho de lubricación si estuviese instalado.
- Calibración de brazos de apertura y cierre de molde a 0,05 mm. Torquear a 27 Nm.

- Revisión de amortiguadores y topes de la unidad portamolde.
- Verificación y ajuste de verticalidad y centrado de fondos de molde. Realizar adicionalmente en cada cambio de molde.
- Verificación de compensación entre caras de los moldes. Ajustarla en caso de ser necesario y en cada cambio de molde.
- Revisión de todos los tornillos en los brazos de apertura y cierre de moldes. Cambiar los tornillos dañados.
- Verificación de altura de los rodamientos de fondo de molde.
- Verificación de funcionamiento de la seguridad de la leva pivotante de cierre de molde.
- Ajuste de pernos de fondo de molde.
- Verificación de funcionamiento de la seguridad de bloqueo de molde.
- Lubricación de guías de estirado.

Transferencia

- Lubricación de levas de posición y velocidad de brazo de transferencia.
- Lubricación de guías de brazos de transferencia.
- Verificación de sincronismo de brazos de transferencia con el horno.
- Verificación de sincronismo de brazos de transferencia de botellas con la estrella de salida.
- Ajuste de apertura de las pinzas de transferencia y revisión de la tensión de los resortes.
- Control de los limitadores de par de entrada de preformas y salida de botellas
- Verificación y ajuste de la altura de los brazos de transferencia.
- Cambio de resortes de pinzas y brazos de transferencia.

Horno lineal

- Lubricación de leva y contraleva de vestido/desvestido de eyección.
- Lubricación de leva de eyección de preformas.
- Lubricación de corona dentada de orientación de rueda de horno. -esta tarea sólo aplica a sopladoras con horno lineal -

- Limpieza de cámaras infrarrojas.
- Limpieza y lubricación de guías de horno. Realizar mensualmente en caso de operar en un ambiente controlado.
- Control visual de encendido de lámparas calefactoras. Realizar adicionalmente
- Limpieza de lámparas y reflectores.
- Lubricación de rodamientos del horno.
- Lubricación de cadena de rotación de turnelas.
- Lubricación de leva de protección de vestido en vacío. -esta tarea sólo aplica a sopladoras con horno lineal-
- Limpieza de ventiladores de aire. -quitar los reflectores y limpiarlos-
- Verificación de funcionamiento de la seguridad de mal vestido. Realizar adicionalmente en cada cambio de molde.
- Cambio de cadena de turnelas.

Sistema de alimentación de preformas

- Inspección de estado de cerramiento de volcador.
- Verificación de tolva.
- Verificación de integridad y sujeción mecánica de fotocélulas y reflectores de rodillos orientadores y rampa de bajada de preformas. Limpiar con trapo seco. Realizar adicionalmente en cada cambio de molde.
- Inspección visual del sistema hidráulico en busca de fugas de aceite.

Para el mantenimiento preventivo de las máquinas, se utilizara el formato del cuadro 24, en este se lleva el registro del mantenimiento general que se le da a la máquina de manera periódica aquí se incluyen las fechas en la que se le tiene que dar el mantenimiento así como el tiempo que se le debe de dedicar para esta tarea, así como espacios correspondientes para el técnico ponga los tiempos reales que le tomo realizar esta tarea.

Cuadro 24 Formato Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento de la Máquina Sopladora SIDEL					
Periodo de inspección.					
Semana	Mantenimiento.	Fecha programada.	Fecha de ejecución.	Tiempo programado.	Tiempo real.
1					
2					

Autor Mileno, Y. (2020)

Mantenimiento Correctivo

Para el mantenimiento correctivo de las máquinas, se utilizara un formato, cuadro 25, en la cual se llevara el registro de la fecha, hora de las fallas que se presenten, así como un breve análisis del técnico del motivo de la falla y una breve descripción de la acción que tomo para solucionar dichas fallas y el tiempo que le tomo solucionar el problema

Cuadro 25 Mantenimiento Correctivo

Informe de Tiempo Perdido debido a Fallas de la Máquina Sopladora SIDEL.					
Periodo de inspección _____ 2013.					
Falla.	Fecha y Hora.	Descripción de la falla.	Tiempo perdido	Causa	Accion
1					
2					
3					
4					

Autor Mileno, Y. (2020)

4.3.4.2 Establecer Cronograma de chequeos diarios

El chequeo diario es un concepto desarrollado para elevar el nivel de conciencia del operador respecto de su equipo y a su vez servir como un mecanismo temprano que ayude a mantenimiento a detectar posibles problemas antes de que estos ocurran. En la figura 40 se puede observar el formato para chequeos diarios, el cumplimiento riguroso por parte de la operación y el seguimiento que se haga del mismo por parte de mantenimiento y producción.

Formato de Inspección Diaria		Hoja N°:	
EQUIPO	SOPLADORA SIDEL - SERIE 2	Revisión N°:	
		Fecha :	























DIAGRAMA		ITEM	PUNTO DE INSPECCIÓN	ESTÁNDAR	MÉTODO
		0001	Puertas de volcador y micro switches (2)	Puertas derechas con pasador y micro switches activos	
		0002	Guardas del elevador de preforma	En Posición, tornillos completos,	
		0003	Revision de estado bandas del elevador,	Limpia y en buen estado, cangilones completos, movimiento uniforme	
		0004	Revision de fugas de aceite volcador	Ausencia	
		0005	Revision de presion de soplado	40 Bar	
		0006	Revision de presion diferencial de filtro de alta presion	< 0,4 bar	
		0007	Revision de presion de mando	7,5 a 8,5 bar	
		0008	Revision electrica en motor principal	4 a 6 amp	
		0009	Revision de alumbrado interior	Todas funcionando	
		0010	Revision de caudales	> umbral minimo	
		0011	Revision de panel de mando volcador	En buen estado	

Figura 40 Formato Chequeos Diarios
 Autor: Mileno, Y (2020)

Es importante mencionar que, para ejecutar adecuada y eficazmente las actividades de mantenimiento descritas anteriormente, los operarios deben contar con los conocimientos adecuados para manipular y dominar el equipo que opera, motivo por el cual, se recomienda cumplir con un programa de capacitación que incluya aspectos técnicos actuales y de innovación tecnológica. En el Cuadro 26 se expone la información básica del programa de capacitación propuesto.

Cuadro 26 Programa de capacitación

Temas a tratar	Duración semanal (horas)
Mantenimiento de Clase Mundial	6
Planificación, Gestión y Control de Mantenimiento Autónomo	8
Planificación, Gestión y Control de Inspecciones periódicas programadas	8
Elaboración de informes de mantenimiento y fallas	6
Indicadores de Gestión en Mantenimiento	6
Herramientas de Mejoramiento Continuo	6
TOTAL	40

Autor: Mileno, Y (2020)

4.3.4.3 Ventajas productivas y económicas de la actualización del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria.

A nivel productivo es de vital importancia trabajar bajo un plan de mantenimiento actualizado para asegurar la calidad de las botellas, disminuir las paradas no planificadas por interrupciones en el proceso. Llevar un seguimiento del estado de las maquinas asegura el buen funcionamiento de las mismas, evita a nivel económico los costos de capital por equipos improductivos, finalmente los operarios contarán con la capacitación actualizada para realizar los mantenimientos y chequeos diarios correspondientes, asegurando la producción.

4.3.5 Estrategia de Mejora N°5 Propuesta de Instalación de tapa basculante automática en Tolvas.

Durante la operación de descarga de preformas en las tolvas se presentan inconvenientes, ya que el operador sobrecarga la tolva, la capacidad de la tolva es de 22mil preformas que representa un peso de 1280kg de preformas, al sobrecargarla se atasca la cinta transportadora, el riel de carga golpea las preformas por atascos, el operario disminuye la cantidad de preformas hasta que la cinta transportadora vuelve al arranque y evitar los atascos hasta el riel de carga, lo que produce un exceso de tiempo en el proceso de 57min, no se tiene inocuidad, las preformas se golpean y el resto de las unidades en exceso quedan expuestas al ambiente, cabe destacar que la tolva no cuenta con una tapa de protección, lo que genera la absorción de polvo y humedad en las preformas y en el proceso final botellas oscuras (scrap). Para este proceso no se tiene la cantidad exacta de preformas a ser descargadas.

4.3.5.1 Características de la Tapa Basculante Automática para Tolvas

La tapa basculante para tolvas constituye un módulo de pesaje que indica el peso del contenido de preformas en la Tolva, en este caso la tapa basculante se le llama automática por poseer un sensor de alarma que indica que la tolva ha llegado a su capacidad máxima de peso. Este tapa cumple la función, además de estandarizar el proceso de proteger las preformas de contaminaciones externas, especialmente de polvo y golpes por exceso de preformas en la tolva. La tapa basculante automática está constituida por:

1. Tapa Móvil
2. Tolva
3. Peso automático
4. Cable
5. Caja de Control
6. Palanca de detección
7. Detector Inductivo “B74,3” (seguro de tapa de tolva abiero)
8. Detector Inductivo “B69HA” (abertura de la tapa de la tolva)
9. Detector Inductivo “B69HB” (cierre de la tapa de la Tolva por peso maximo)

○ Descripción

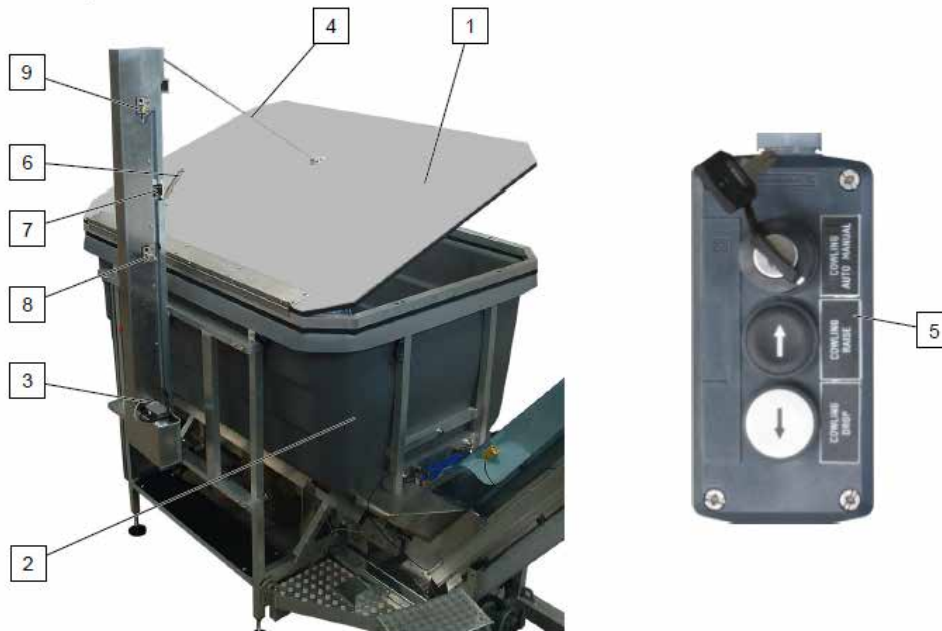


Figura 41 Tapa basculante automática

La tapa de la tolva se puede colocar de diferentes formas para una abertura de izquierda o derecha de la tolva según la implantación general de la máquina. El detector “B69HA” informa al autómeta de la posición abierta de la tapa, en este momento el operador vacía la carga de preformas en la misma, el detector “B69HB” informa al autómeta de la posición cerrada de la tapa de la tolva al llegar a su carga máxima de preformas de 1290kg, el sensor contiene un bloqueo de cierre hasta el operario retirarse, la capacidad máxima de peso de preformas depende de las dimensiones de la Tolva, en este caso las tolvas del galpón 7 Tienen 2m de largo y 2m de ancho. El diseño de la tapa se limita a esa capacidad.

Si el nivel de preformas en la tolva es inferior al nivel medio, el autómeta dirige la abertura de la tapa para el vertido de preformas por el operario. Las operaciones de mantenimiento de la tolva o tapa requieren el modo manual. La caja de control permite este modo.

4.3.5.2 Usos y beneficios de la Tapa Basculante Automática para Tolvas

EL principal uso de la tapa es proteger a las preformas de la contaminación externa, polvo, humedad y estandarizar el proceso de vaciado de preformas sin exceso de cantidad y reducir el tiempo de proceso de carga de preformas. El beneficio es tener un vaciado de preformas estandarizado, ya que indica la cantidad exacta a añadir cuidando la cinta transportadora y evitando que las preformas se golpeen por atascos en cinta transportadora y riel de carga hasta las maquinas, reduciendo el tiempo en ambos procesos. El estado amorfo-cristalino de las preformas es delicado, cualquier golpe fuerte interfiere en su estructura molecular, es decir, la instalación de la tapa reduce el scrap generado por golpes en las preformas, humedad y polvo que generan botellas oscuras en su proceso final, cuadro 27.

Cuadro 27 Scrap de tipo botellas oscuras

Minalba 500ml	Vinagre Mavesa 1L
680.000pz	558.000
Total 1.238000pz	

Autor: Mileno, Y (2020)

En los datos recolectados en el sistema SAP de los meses Enero, Febrero, Marzo se reporta un total de 1.238000 piezas de botellas denominadas scrap de tipo botellas oscuras, con la instalación de la tapa basculante automática se eliminara dicha cantidad.

4.3.5.3 Ventajas productivas y económicas de la Tapa Basculante Automática para Tolvas

En cuanto a ventajas productivas se reduce el desperdicio de botellas, se disminuyen las actividades que no agregan valor al proceso, aumenta la cantidad de botellas producidas. No habrá pérdida de dinero por botellas defectuosas, aumentara la eficiencia productiva.

4.4 Fase IV: Evaluar económicamente las propuestas planteadas

En esta fase se realizará una evaluación económica, técnica, operativa, social y

ambiental de las propuestas de mejora realizadas en la fase III, valorándose los costos de inversión que se requieren para poner en marcha el plan de mejoras, seguidamente por medio de la relación costo-beneficio se puede justificar dicha inversión en función a los beneficios que traerá la aplicación de la propuesta.

Estrategia de mejora N°1 propuesta de instalación de pulmón de aire comprimido y gestión visual en manómetros para chequeo de presión.

Cuadro 28 Costo inversión primera propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Tanque pulmón auxiliar de aire con accesorios para instalación.	1	1500\$
Costo de Instalación		600\$
Manómetro Pk06 40-42 bar	1	18\$
Costo formato Chequeo diario Pulmón	1	25\$
Costo gestión visual Manómetros	1	20\$
Total		2163\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

En el cuadro 28 se muestra el total de costos para la propuesta de instalación de pulmón de aire auxiliar y gestión visual. Para ello se debe invertir en:

Tanque pulmón auxiliar con un costo de 1500\$, el costo incluye el diseño del pulmón, con las dimensiones especificadas, dos válvulas mariposa 2 ½”, un manómetro de salida con rango 0 a 80 Bar. Conexiones tuberías reducidas a 2”
Reemplazo de manómetro principal dañado en la sopladora PK06 con un costo de 18\$.

El costo de formato de chequeo diario para el pulmón incluye resmas de hojas e impresiones.

Gestión visual para manómetros, 3 metros de papel para etiqueta verde y 3 metros de papel de etiqueta rojo, tijeras, costo de 20\$

Estrategia de mejora N°2. Propuesta de instalación de Bomba hidráulica para mantener la presión de agua constante e instalación de dispositivos para el correcto tratamiento de agua

Cuadro 29 Costo de inversión segunda propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Bomba Hidráulica 2HP	1	1090\$
Tablero de control	1	140\$
Instalación de bomba Hidraulica		300\$
Anillos Merus tratamiento de agua	2	400\$
Costo de Importación	1	120\$
Total		2050\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

Para el desarrollo de esta propuesta se necesita invertir un total de El cual se divide en:

Bomba Hidraulica de 2HP con un costo de 1090\$, incluye los accesorios para la instalación, tuberías, válvulas, presostato, válvulas neumáticas.

tablero de control de arranque y parada con un costo adicional de \$

Instalación de Bomba hidráulica realizada por contratista

Anillos Merus 2 ½“ el con un costo adicional de 30% más por importación.

No incluye costo de instalación por ser sencillos de instalar.

Estrategia de mejora N°3 Propuesta de cambio de lámparas infrarrojas de cuarzo por lámparas de Tungsteno de Cuarzo en la zona de horno de las maquinas sopladoras.

En esta propuesta se hará la sustitución de lámparas de cuarzo por lámparas de tungsteno para el sistema de calentamiento de preformas en hornos de las dos máquinas sopladoras del galpón 7, las cuales necesitan 12 lámparas cada una.

Cuadro 30 Inversión tercera propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Lámparas de Tungsteno de Cuarzo	24	408\$
Costo de Instalación		80\$
Total		488\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

El total de inversión para esta propuesta es de \$, cada lámpara tiene un costo de 17\$

Estrategia de mejora N°4 Propuesta de actualización de plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria.

Cuadro 31 Inversión cuarta propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Costo formatos	3	30\$
Costo Capacitación Operarios	4	200\$
Transporte y alimentación		40\$
Total		270\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

En relación al cuadro anterior la inversión total para la propuesta de un plan de mantenimiento es de 270\$, este costo se divide en:

Costos de formatos, incluyendo resmas de hojas e impresiones

Costos de capacitación será don días, para cuatro operarios, el costo de la capacitación es de 50\$ por persona.

Estrategia de mejora N°5 Propuesta de Instalación de tapa basculante automática en Tolvas.

Cuadro 32 Inversión quinta propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Tapa basculante Automática	2	1600\$
Costo Importación	2	480\$
Costo Codificación	2	30\$
Costo de Instalación		80\$
Total		2.190\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

Para esta propuesta se deben invertir 2190\$ que incluye dos tapas basculantes automáticas con un costo de 800\$ cada una para las maquinas PK05 y Pk06 del galpón 7 y un costo de importación adicional de 480\$. Al instalarlas se deben codificar de acuerdo a las especificaciones de las tolvas de las maquinas con un costo de 30\$.

4.4.1 Inversión requerida para cada propuesta

Cuadro 33 Costo total propuestas

Propuesta	Costo
- Instalación de Pulmón de aire Auxiliar	2163\$
- Gestión visual en manómetros	
- Instalación de Bomba Hidráulica	2050\$
- Anillos Merus tratamiento de agua	
Instalación lámparas de Tungsteno de cuarzo en hornos de maquinas	488\$
Plan de mantenimiento preventivo y correctivo	270\$
Instalación tapa basculante automática en tolvas	2190\$
Total	7161\$

Autor: Mileno, Y. (2020)

4.4.2 Análisis de la relación Costo-Beneficio

La empresa actualmente tiene una producción mensual en el galpón 7 del área de soplado de 1.245.648pz de botellas en presentación 1L Vinagre Mavesa y 1.250.352pz de botellas de 500ml presentación Agua Minalba, sumando un total de producción de 2.496.000pz de botellas de ambas presentaciones al mes. Con la propuesta se espera reducir al mes 1.020.960pz de botellas denominadas scrap para presentación 1L Vinagre Mavesa y 1.024.040pz de scrap para presentación 500ml Agua Minlaba, para un total de reducción de scrap de 2.045000pz de ambas presentaciones, por lo tanto la producción de botellas en el galpón 7 aumentaría en 2.266.608pz de botellas presentación 1L Vinagre Mavesa y 2.274.392pz de botellas en presentación 500ml Agua Minalba, para un total de 4.941.000pz de botellas al mes para ambas presentaciones, desde el punto de vista económico, tomando en cuenta que el precio por pieza es de aproximadamente 0.35\$ se tendría un beneficio al mes de 1.729.350\$ gracias a la reducción de scrap.

Teniendo los beneficios económicos que generan las propuestas planteadas y la inversión total (costos) requerida para poder aplicarlas, se procede a hacer el cálculo del costo-beneficio con el fin de determinar si es factible para la organización implementar dichas propuestas.

La relación beneficio-costo es de 241, lo que significa que se espera dejar de perder mensualmente 241\$ por cada dólar invertido.

Tiempo de recuperación de la inversión

Para conocer el tiempo que le llevará a la empresa recuperar el costo invertido en las propuestas, se hace el mismo cálculo que se utilizó anteriormente para el TR.

El tiempo de retorno de la inversión es de 0,00414 meses, lo que indica que la inversión se recupera en 3 horas de producción continua llevando a cabo todas las

propuestas planteadas en la fase III.

En relación a la evaluación de los costos entre el ingreso mensual que percibe la empresa con la fabricación de botellas PET, se tiene que partiendo de la definición de la rentabilidad como:

$R (B/C) > 1$ Rentable

$R (B/C) = 1$ Indiferente

$R (B/C) < 1$ Inviabile

4.4.3 Factibilidad operativa de las propuestas

En función a la mejora propuesta en la fase III con respecto a la capacitación, se busca la preparación técnica del personal relacionado al mantenimiento preventivo, correctivo y mejora continua, es por ello que en este caso se hace mención a los costos asociados al programa de capacitación. Uno de los institutos que ofrecen formación en mantenimiento de equipos en la zona es Fundametal, en este instituto técnico el curso de formación tiene un costo de inversión de 50 \$ por operario. En este caso cada operario será formado en las áreas de detección de fallas, clasificación de las fallas, consecuencias de las fallas en la materia prima, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, además de elaboración de informes de mantenimiento y fallas. Se puede asegurar que el personal que se posee la empresa, tiene las capacidades para llevar a cabo las propuestas de este trabajo de investigación.

4.4.4 Factibilidad Ambiental







Mediante el análisis de la presente investigación se conocen las causas que generan el desperdicio en el área de estudio, por tal motivo se desarrollaron propuestas de mejora creando a su vez una reacción ambiental positiva dentro de la empresa, brindando la solución de problemas simultáneos.

Identificar las causas es una de las acciones esenciales con impacto favorable ambiental, lo largo de la investigación en cuestión, en este caso la mejora es tratar de corregir los problemas no solo de las máquinas, sino también las posibles fuentes de contaminación que pueden incidir en el proceso, así como también reducir el error operacional. Se puede destacar que la implementación de los

anillos Merus como tratamiento del agua para circuito de enfriamiento de las máquinas, reemplazando los tratamientos químicos es de gran beneficio, ya que se minimizaría al máximo la contaminación en los equipos generada por las sustancias químicas en su mayoría tóxicas, también es importante hacer referencia al plan de mejoras sustentado en la instalación de tapas basculantes automáticas para tolvas, donde se describe la identificación de sucio, polvo, agentes externos contaminantes al proceso, a fin de evitar en lo posible estos agentes. También es importante hacer referencia al plan de mejoras basado en la sustitución de lámparas de cuarzo por lámparas de tungsteno de cuarzo, ya que disminuye la contaminación por radiación en el equipo.

El impacto ambiental es el criterio primordial de la valoración de algunos proyectos, aunque los demás criterios también son determinantes. Se valora tomando en cuenta los siguientes indicadores:

Cuadro 34 Valoración de Impacto Ambiental

Indicador	Escala		
	Malo	Regular	Bueno
1. Disminución de procesos de deterioro			
2. Restauración o rehabilitación de ecosistema			
3. Desarrollo de técnica sostenible			
4. Desarrollo de conocimientos tecnológicos			
6. Incremento en la productividad			
7. Combinación de métodos tradicionales con innovación			

Autor: Mileno, Y. (2020)

Según la valoración del impacto ambiental en el cuadro anterior se obtuvo 7 puntos a favor del medio ambiente, ya que las propuestas impactan de alguna manera a la restauración o rehabilitación del ecosistema, dejando de usar sustancias tóxicas para el tratamiento de agua en el proceso, al igual que evitar la radiación por infrarrojos y la absorción de suciedad en la materia prima, aportando

un proceso industrial limpio, que genera una reducción significativa de los compuestos moleculares tóxicos del plástico al degradarse al ambiente.

$$\begin{matrix} 7 \\ 0 \end{matrix}$$

$$VIA = 7$$

Con esto se concluye que las propuestas son totalmente viables ambientalmente. Todo plan que se desarrolle para la reducción de desperdicios, así como también optimizar los recursos y los procesos, tiene un impacto en pro al medio ambiente. De manera que se implementen las propuestas mencionadas, se aconseja hacer proyecciones y seguimientos semestrales o anuales, para tener cifras y números con respecto al impacto ambiental positivo que se está proponiendo con el plan de mejora.

4.4.5 Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades y experiencia, que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente se refiere a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse. Para realizar la valoración de la factibilidad técnica que genera la implementación de las propuestas en la empresa Amcor Rigid S.A. La factibilidad técnica será valorada tomando en cuenta los siguientes indicadores.

Cuadro 35 Valoración factibilidad técnica

Ítems	SI	NO
¿Se cuenta con computadoras?	X	
¿Se cuenta con internet?	X	
¿Se cuenta con personal profesional para instalaciones?		X

Autor: Mileno, Y. (2020)

En el cuadro 35 se hace una valoración de factibilidad técnica en la cual se toman los Ítems de acuerdo a las propuestas, se puede destacar que se debe contar con la contratación de personal temporal para las instalaciones de la bomba hidráulica y el pulmón de aire auxiliar, los cuales tienen un costo de 300\$ para la instalación con una inversión total de 2050\$ para esta mejora, la instalación del

pulmón auxiliar de aire comprimido 600\$ con una inversión total de 2163\$, así como la codificación de la tapa basculante automática para las tolvas con un costo de 30\$ para un total de 2190\$ para poner en marcha esta mejora.

En tal sentido, la variación que se produciría al aplicar las mejoras es alta y beneficiosa como ya se ha demostrado por medio de análisis en la fase anterior de la actual investigación, debido a que el proceso sería continuo, más eficiente, y con una notable disminución de desperdicios lo que resultaría positivo para el proceso productivo de la empresa.

4.4.6 Factibilidad Social

Es importante resaltar en esta oportunidad la influencia o impacto que puede tener el plan a la sociedad, iniciando por los mismos empleados, éstos se verían beneficiados por mejores procesos dentro de su área, así como actualizar los procesos, buscando soluciones innovadoras, como el caso de los anillos de los anillos Merus para el tratamiento de agua sin el uso de químicos, las lámparas infrarrojas de tungsteno y la tapa basculante automática para tolvas que generan reducción de scrap. Además optan por una formación de mayor nivel técnico, esto se traduce en beneficios para su crecimiento profesional y su experiencia laboral.

En tal sentido, se debe mencionar la parte del bienestar social, y seguridad laboral que se le presta a este grupo de empleados, los cuales pasarán a ser mano de obra calificada para la empresa, esto los llevaría a una promoción o al menos a un incremento de sus beneficios económicos y prestaciones por el cumplimiento de su labor. Por otra parte se generan beneficios indirectos, derivados de la utilización de servicios de otras empresas, como el caso de contrataciones para las instalaciones del pulmón auxiliar de aire comprimido, bomba hidráulica y codificaciones para la tapa basculante automática y del instituto encargado de la formación del personal, éstos estarían generando ingresos por sus servicios prestados, lo que se traduce en beneficios para los facilitadores o guías en las sesiones de aprendizaje y sus colaboradores.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo especial de grado, se logró, mediante las herramientas de ingeniería industrial implementar un plan de mejora para la reducción de los desperdicios de botellas PET en el galpón 7 del área de soplado de preformas de la empresa Amcor Rigid Packaging Venezuela S.A, con la finalidad de alcanzar la mejora en la productividad, reducir el índice de scrap en los indicadores gestión y mejorar el proceso para aumentar la producción de botellas. Todo esto se llevó a cabo mediante un diagnóstico de la situación del proceso, análisis de fallas encontradas y de esta manera se logró diseñar un plan de mejora para corregir las condiciones actuales.

Se logró diagnosticar la situación actual del galpón 7 del área de soplado en la fabricación de botellas en presentaciones 1L Y 500ml de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A. mediante técnicas de recolección de información tales como entrevistas no estructuradas, revisión documental y observación directa, con el fin de recabar toda la información concerniente a la problemática, permitiendo detectar las principales debilidades del proceso generadoras de desperdicio, se pudo observar fallas en el circuito de enfriamiento de las máquinas de soplado por caída de presión de agua en el área, así como incrustaciones sopladas en los moldes de las maquinas por falta de tratamientos de agua, se observaron fallas en los procesos de estirado, presoplado y soplado de las máquinas por caídas repentinas de presión debido a la demanda de presión de otras áreas, así como manómetros en mal estado para el seguimiento adecuado de las presiones en las máquinas, la falta de estandarización e inocuidad en el proceso de vaciado de preformas en la Tolva al inicio del proceso, fallas en los hornos de la maquina por mal funcionamiento de lámparas infrarrojas y las paradas repentinas por falta de mantenimiento adecuado a las máquinas que generan desperdicios importantes en el proceso final de la botella PET.

Seguidamente, se analizaron las debilidades encontradas en la fase anterior que

generan los desperdicios en galpón 7, mediante técnicas de priorización de fallas, diagrama de Pareto, matriz causa y efecto, técnica del grupo nominal, diagramas de Ishikawa y Amef, las demás debilidades fueron encontradas alrededor del entorno que involucra el proceso productivo en el galpón 7.

Luego de realizar un análisis exhaustivo de las principales debilidades del proceso, se logró diseñar un plan de mejoras que conducen a la disminución de scrap generado en el galpón 7 del área de soplado de preformas, basada en el análisis realizado. Las propuestas son las siguientes:

Propuesta de instalación de pulmón de aire comprimido y gestión visual en manómetros para chequeo de presión, con el fin de mantener constante la presión en el área de soplado en los picos de demanda de presión de aire por las demás áreas y una gestión visual para chequeo de las presiones con el fin de ser detectada rápidamente por operarios ante cualquier anomalía en la misma.

Propuesta de instalación de bomba hidráulica para mantener la presión de agua constante e instalación de dispositivos para el correcto tratamiento de agua, con el fin de reducir el scrap causado por este tipo de fallas en el sistema de enfriamiento de las máquinas.

Propuesta de cambio de lámparas infrarrojas de cuarzo por lámparas de Tungsteno de Cuarzo en la zona de horno de las máquinas sopladoras, a fin de mantener una correcta distribución de calor en las preformas, evitando scrap por mala distribución de calor en el proceso de calentamiento y reducir el consumo de energía eléctrica.

Propuesta de actualización de plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria, con el fin de actualizar el actual plan, actualizar el conocimiento de los operarios para el correcto chequeo y mantenimiento de las máquinas de soplado, de esta manera mantenerlas eficientes para cumplir con la producción.

Por último se propuso la instalación de una tapa basculante automática en Tolvas, con el fin de estandarizar el proceso de vaciado de preformas a ser sopladas, mantener en buen estado la tolva, evitar futuros daños y mantener inocuidad en las preformas para así reducir el scrap de botellas por falta de inocuidad.

Finalmente se hizo una evaluación económica bajo la relación costo-beneficio

para verificar si la inversión que se requiere para implementar las propuestas se justifica con los beneficios a obtener. Se logró determinar que la inversión de las propuestas es factible ya que recuperaría la inversión en muy poco tiempo y lograría reducir el valor del desperdicio que hay presente en el proceso de soplado de botellas. Sabiendo esto, se da por cumplido el objetivo general del presente trabajo de investigación

RECOMENDACIONES

Los problemas diarios intervienen con la ejecución de las actividades de la empresa y por consiguiente, con el logro de los objetivos. Por tal razón por la presente investigación recomienda a la empresa lo siguiente.

Que se apliquen los planes de mejora propuestos con el fin de reducir los desperdicios.

Ofrecer charlas a los operadores y supervisores del area de soplado sobre el uso de los instrumentos de medición, la importancia de un correcto y verídico llenado de los chequeos diarios de la presión en las maquinas una vez instalado el pulmón auxiliar de aire, así como la supervisión detallada de los indicadores de eficiencia de la planta

Actualizar plan de mantenimiento de los compresores en area de servicios auxiliares.

Actualización de los planes de mantenimiento preventivo y correctivo existentes en la empresa, además de la concientización de los mecánicos acerca de la importancia de dichos planes para el correcto funcionamiento de los equipos.

El plan de mejora para los hornos de la máquina, cambio de lámparas de cuarzo por tungsteno de cuarzo, así como la actualización del plan de mantenimiento en los hornos.

Mantener un constante en el sincronismo de la rueda de soplado de las maquinas.

Concientizar a los operarios, supervisores del área de soplado y mecánicos, mediante, charlas, imágenes, avisos, entre otros medios, sobre la importancia de controlar y reducir en lo posible el desperdicio, tanto de materiales como de piezas defectuosas, con la intención de disminuir en lo posible los descuidos que se traducen en pérdidas

Concientizar a montacarguistas sobre el cuidado de las preformas en el traslado.

Mantener inocuidad y un proceso estandarizado a la hora vaciar las preformas a ser sopladas evitando pérdidas de las mismas por golpes o absorción de polvo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012) **El proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica**. Quinta Edición. Episteme, Caracas, Venezuela
- Armillo, M (2009) **Planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)** Santiago de Chile.
- Aspirino, O. (1993) **Química Orgánica**. Segunda Edición. Editorial PRENTICE-HAL HISPANOAMERICANA.
- Acosta, N. (2010) **Procesos de Manufactura**. Cuarta Edición. Universidad Nacional Abierta. Caracas Venezuela.
- Baena, (2012). **Metodología de la Investigación**. 3^{ra} Edición Colombia: Pearson
- Baukal. C. (2000) **Heat Transfer in Industrial Combustion**. Florida: Editorial CRC Press.
- Benitez, J. (2019). **Propuestas de mejora para la reducción de desperdicios en una línea de ensamble de filtros sellados Caso: Empresa Affinia Venezuela C.A** Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela.
- Balestrini, M. (2008). **Como se elabora el Proyecto de Investigación para los estudios formulativos o exploratorios, descriptivos, diagnósticos, evaluativos, formulación de hipótesis causales, experimentales y los proyectos factibles**. Sexta Edición. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas.
- Camacho, R. (2018) **Aplicación de un estudio de ingeniería de métodos para el incremento de la productividad en el departamento de TCF en la empresa FCA Venezuela.**, Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Extensión Valencia. Venezuela.
- Chang, R. (2007) **Química**. Novena Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México.
- Cámara Venezolana del Envase (CAVENVASE) (2019)
- Chapman, K. (1990). **Radiative Heat Transfer. School of Mechanical Engineering**, Purdue University: Indiana.
- Dounce (2012). **Un Enfoque del Mantenimiento Industrial**. Primera edición. Editorial CECSA. México.
- Giraldo, I. (2020). **Plan de mejoras en la línea IN08, del área de inyección de preformas, de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.**

- Universidad José Antonio Páez, Valencia Venezuela.
- Gómez y Rachadell. (2002) **Manejo de Materiales**. Primera Edición. Valencia, Venezuela. Publicaciones Universidad de Carabobo
- Gutiérrez, P. (1997). **Calidad Total y Productividad**. Primera Edición. México. Editorial Mc Granw-Hill.
- Groover, M. (2007). **Fundamentos de Manufactura Moderna**. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill
- Hurtado, J. (2010). **Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio**. Cuarta Edición. Clemente Editores. Valencia, Venezuela.
- Himmelblau, N. (2005) **Principios Químicos**. Séptima Edición. Editorial Continental, México.
- Kieso y Weigandt (2010). **Contabilidad Moderna**. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.
- Kabboul, S. (2010). **Introducción a la Organización y Sistemas**. Primera Edición. Editorial McGRAW HILL. Mexico
- Matalobos, A. (2010). **Gerencia de Inventarios**. Ediciones IESA. Caracas Venezuela.
- Machado, Y. (2013). **Propuesta de mejoras en el proceso de producción de Canex Tabletas 916mg en el área de Manufactura no Penicilina Basado en la Mejora Continua. Caso: Pfizer Venezuela, S.A.** Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Valencia Venezuela.
- Marero R., y Mejías C. (2010). **Técnicas de resolución de Problemas de Ingeniería**. Ciudad de Guatemala, Guatemala: 5 Consultores.
- Morton, J.(2010) **Polymer Processing**. 6 Editions. Chapman & Hall, Londres.
- Mendez, E. (2002) **Metodología Diseño y Desarrollo del proceso de investigación**. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill.
- Olivera. F (2012). **Administración de la producción**. Segunda Edición Editorial Cecsca España.
- Oropeza F. (2012). **Ingeniería Industrial**. México. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana.
- Ortiz, J. (2015). **Rediseño del Sistema de Producción y Operaciones para el área de Inyección de la Empresa Amcor Rigid Plastic de Colombia**. Bogotá Colombia
- Rodríguez, F. (2016), **Propuesta de mejora en el área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C. A. .** Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Valencia Venezuela
- Rajadell, M. y Sánchez, J. L. (2010). **Lean Manufacturing. La evidencia de una**

- necesidad.** Madrid: Ediciones Díaz de Santos
- Rivero, M. (2010). **Matriz de Ponderación.** Revista Electrónica. Disponible en: <http://arantxanaha.blogspot.com/2020/06/matriz-de-ponderacion.html> consultado el 27 de Abril 2020.
- Sol, V. (2017). **Propuesta de mejoras del proceso productivo en una empresa del sector químico bajo el enfoque de Manufactura Esbelta** Universidad de Carabobo. Valencia Venezuela.
- Serena (2011). **AmeF, Análisis de Modo y Efecto de la Falla.** Documento en línea, Disponible en: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef> Consultada el 27 de Abril 2020
- Smiller,H.(2013) **Poka - Yoke.** Visualizar en http://poka-yoke0020unal.blogspot.com/2013/11/blog-post_2125.html consultado el 27 de Abril del 2020.
- Sequera, L. (2012). **Control de calidad de producción industrial.** Tomo I. Editorial Mc-Graw Hill Interamericana
- Sanders, V. (2015). **Manufactura esbelta. Manual y herramientas de aplicación.** Revista Electrónica. <http://www.gestiopolis.com/recursos/manufacturadocu-esbelta-manual-y-herramientasde-aplicacion/> 29 de Abril del 2020
- Tamayo y Tamayo, M. (2012). **El proceso de investigación científica.** Editorial Limusa, Ciudad de México.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. UPEL. (2014). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales.** 4ta Edición. Caracas: FEDUPEL