



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Reducción del porcentaje de colapsamiento de los envases
circulares de 150 cm³ que son transportados desde la región
Sierra a la región Costa”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentado por:

Carlos Stalin Sandoval Silva

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y a mis
profesores por las
enseñanzas entregadas.

DEDICATORIA

A mis padres, hermana y esposa por el esfuerzo y la confianza depositada en mí que me han permitido crecer en la vida.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Sofía López I., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

Marcos Tapia Q., MSc.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Carlos Stalin Sandoval Silva

RESUMEN

Este proyecto consistió en un estudio, cuyo objetivo principal era reducir el porcentaje de colapsamiento por presión atmosférica de dos tipos de envases plásticos de 150 cm³, termoformados en una empresa de envases rígidos de uso industrial (a partir de ahora, en este texto, será denominada “La Empresa”) a través de la implementación de la metodología DMAIC.

Estos envases son utilizados en un proceso de llenado automático de yogurt en una planta de lácteos ubicada en el cantón Machachi para luego ser distribuidos en la región Costa, y otras zonas del país.

El desarrollo del proyecto se realizó utilizando la metodología DMAIC, abarcando todos los elementos de diseño, transformación y logísticos en los que los envases están involucrados.

Los procesos de transformación revisados fueron los de extrusión de láminas y termoformado de envases. El proceso de extrusión se enfoca en lo relacionado a los materiales de poliestireno y, consecuentemente, el termoformado se enfoca en el procesamiento de este material extruido.

Los hallazgos de cada etapa de la metodología aplicada en el proyecto estuvieron relacionados a requerimientos de especificaciones de materiales y productos terminados e implementación de métodos de ensayos de control de calidad.

El desarrollo de cada etapa de la metodología DMAIC se realizó siguiendo lineamientos generales, propios del método. Se definió el problema en cuestión, el alcance que abarcaría el proyecto, que incluía a los procesos tanto internos como del cliente. Para los efectos de análisis y medición se consideraron datos históricos y datos obtenidos durante el despliegue de las herramientas de procesamiento de datos como diagramas o matrices.

La implementación de las soluciones derivadas de la metodología permitió reducir el porcentaje de colapsamiento a un 1% y con esto se redujeron a 0 los reclamos por envases colapsados en los puntos de venta de la región Costa. Así mismo, el proceso es estadísticamente capaz de cumplir con las nuevas especificaciones de los envases termoformados.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Proceso de termoformado	5
2.2. Bases teóricas	10
CAPÍTULO 3	13
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Definir	13
3.2. Medir	18
3.2.1. Proceso de Extrusión de lámina de Poliestireno	18
3.2.2. Proceso de termoformado de envases	21
3.3. Analizar	27
3.4. Mejorar	39
3.5. Controlar	56
3.5.1. Actualización de proceso de Extrusión	56
3.5.2. Actualización de proceso de Termoformado	56
3.5.3. Actualización de método de ensayo de colapsamiento	56
CAPÍTULO 4	57
4. RESULTADOS	57
CAPÍTULO 5	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones	58

5.2. Recomendaciones

59

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: IZQUIERDA, DIAGRAMA DE ENVASE 150B. DERECHA, DIAGRAMA DE ENVASE 150R.	1
FIGURA 1.2: ESQUEMA DE ENVASE COLAPSADO VS. ENVASE NORMAL.	3
FIGURA 1.3: ENVASE COLAPSADO TOMADO EN PUNTO DE VENTA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.	4
FIGURA 2.1: PROCESO DE FORMADO POR VACÍO Y PRESIÓN DE AIRE.	9
FIGURA 2.2: TIPOS DE INSERTOS EMPUJADORES.	9
FIGURA 3.1: MACROMAPA TERMOFORMADO Y LLENADO DE ENVASES.	15
FIGURA 3.2: ESQUEMA DE PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LÁMINAS.	19
FIGURA 3.3: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE EXTRUSIÓN.	20
FIGURA 3.4: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE LÁMINA.	21
FIGURA 3.5: ESQUEMA DE FORMADO POR VACÍO; (A) CALENTAMIENTO DE LÁMINA; (B) SELLADO; (C) FORMADO; (D) DESMOLDADO.	22
FIGURA 3.6: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TERMOFORMADO.	23
FIGURA 3.7: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE ENVASE 150B.	24
FIGURA 3.8: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE ENVASE 150R.	25
FIGURA 3.9: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150B.	26
FIGURA 3.10: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150R.	27
FIGURA 3.11: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.	29
FIGURA 3.12: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN PARA ENVASE 150B.	33
FIGURA 3.13: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN PARA ENVASE 150R.	34
FIGURA 3.14: ALTURAS DE LLENADO PARA ENVASES 150B Y 150R.	35
FIGURA 3.15: ENSAYO DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES.	36
FIGURA 3.16: ESTADÍSTICAS DE ESPESOR DEL ENVASE 150B EN FUNCIÓN DEL TIPO DE INSERTO EMPUJADOR.	37
FIGURA 3.17: DATOS DE ENVASES 150B TOMADOS DE PERCHA DE PUNTO DE VENTA.	44
FIGURA 3.18: ESTIMACIÓN DE PORCENTAJES DE ENVASES COLAPSADOS.	45
FIGURA 3.19: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE PARED DE ENVASE 150B - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	48
FIGURA 3.20: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE PARED DE ENVASE 150R - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	49
FIGURA 3.21: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150B - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	50
FIGURA 3.22: VARIABLE PESO DE ENVASE 150B ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	51
FIGURA 3.23: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150R - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	52

FIGURA 3.24: VARIABLE PESO DE ENVASE 150R ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	53
FIGURA 3.25: PRESIÓN DE COLAPSAMIENTO DE ENVASE 150B ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	54
FIGURA 3.26: PRESIÓN DE COLAPSAMIENTO DE ENVASE 150R ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.	55
FIGURA 5.1: SECCIÓN DE ENVASES - HOMBRO DE APILAMIENTO.	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS.	6
TABLA 2 SIPOC TERMOFORMADO Y LLENADO DE ENVASES.	14
TABLA 3 VOC - COLAPSAMIENTO DE ENVASES.	16
TABLA 4 CRITERIOS DE MEDICIÓN PARA HALLAZGOS DEL VOC DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES.	17
TABLA 5 MATRIZ DE PONDERACIÓN DE CAUSAS.	30
TABLA 6 MATRIZ DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS.	31
TABLA 7 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA MEDIA DEL ESPESOR DEL ENVASE 150B.	38
TABLA 8 PROPORCIONES DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES EN BODEGAS GUAYAQUIL.	38
TABLA 9 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PROPORCIÓN DE ENVASES COLAPSADOS.	39
TABLA 10 MATRIZ DE SOLUCIONES.	39
TABLA 11 MATRIZ DE PONDERACIÓN DE SOLUCIONES.	40
TABLA 12 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.	41
TABLA 13 PROPORCIONES DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES EN PUNTOS DE VENTA EN GUAYAQUIL.	55
TABLA 14 INCREMENTO DE USO DE POLIESTIRENO.	57
TABLA 15 ENVASES COLAPSADOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.	58
TABLA 16 CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.	59

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

La Empresa en la que se realiza este proyecto se dedica, entre otros procesos, al termoformado de envases plásticos. Dos de los envases de mayor rotación (Envase 150B y Envase 150R) son destinados para el envasado de yogurt en la zona de la Sierra, en la ciudad de Machachi específicamente, y desde aquí se distribuye el producto final hacia gran parte de las provincias del Ecuador. Ver Figura 1.1.

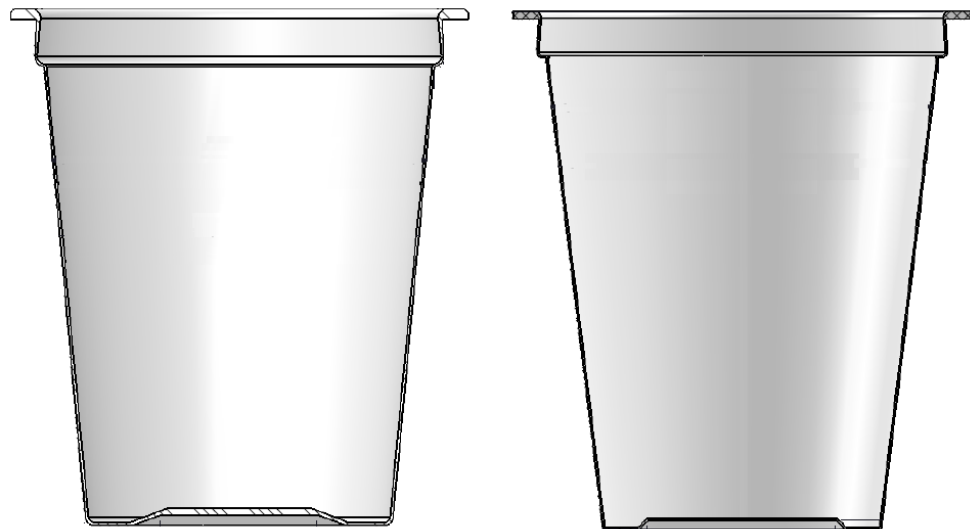


FIGURA 1.1: IZQUIERDA, DIAGRAMA DE ENVASE 150B. DERECHA, DIAGRAMA DE ENVASE 150R.

Fuente: Elaboración propia.

El alcance de distribución del producto envasado es de escala nacional. Guayaquil y otras ciudades de la Costa son destino de llegada del yogurt en las distintas cadenas de supermercados con las que la marca fabricante tiene convenios.

El resultado de transportar el yogurt envasado y sellado herméticamente desde una zona alta como la Sierra hasta zonas bajas como la Costa implica que la estructura del envase contenedor sea sometida a un aumento de presión externa por el cambio de altura, lo cual provoca que un grupo de éstos sufra una deformación en sus paredes frente a estos esfuerzos externos durante el transporte. A esta deformación de las paredes del envase se la denomina colapsamiento.

En la figura 1.2 se muestran esquemas de un envase con paredes en estado normal y paredes colapsadas:

- A: Vista frontal de envase colapsado
- B: Vista frontal de envase normal
- C: Vista superior de un envase colapsado
- D: Vista superior de un envase normal
- E: Vista en perspectiva de un envase colapsado
- F: Vista en perspectiva de un envase normal

Como dato referencial se tiene que la diferencia de alturas entre las ciudades de Machachi y Guayaquil equivale a un diferencial de presión de 0.28 bares.

Este efecto de colapsamiento en el envase es percibido como un defecto en el empaque que puede generar una mala percepción en el consumidor final sobre el producto contenido dentro. Debido a que este efecto de colapsamiento no genera ninguna afectación funcional al yogurt, el producto es considerado como apto para la venta y consumo.

Por directrices corporativas del cliente, es necesario disminuir este problema de manera significativa; y a través de inspecciones en los centros de distribución ubicados en la ciudad de Guayaquil ha determinado que el porcentaje de colapsamiento en los envases recibidos es del 80%. Cabe recalcar que esta inspección se focalizó un solo lote de cada tipo de envase, sin embargo, se registró ese valor como oficial.

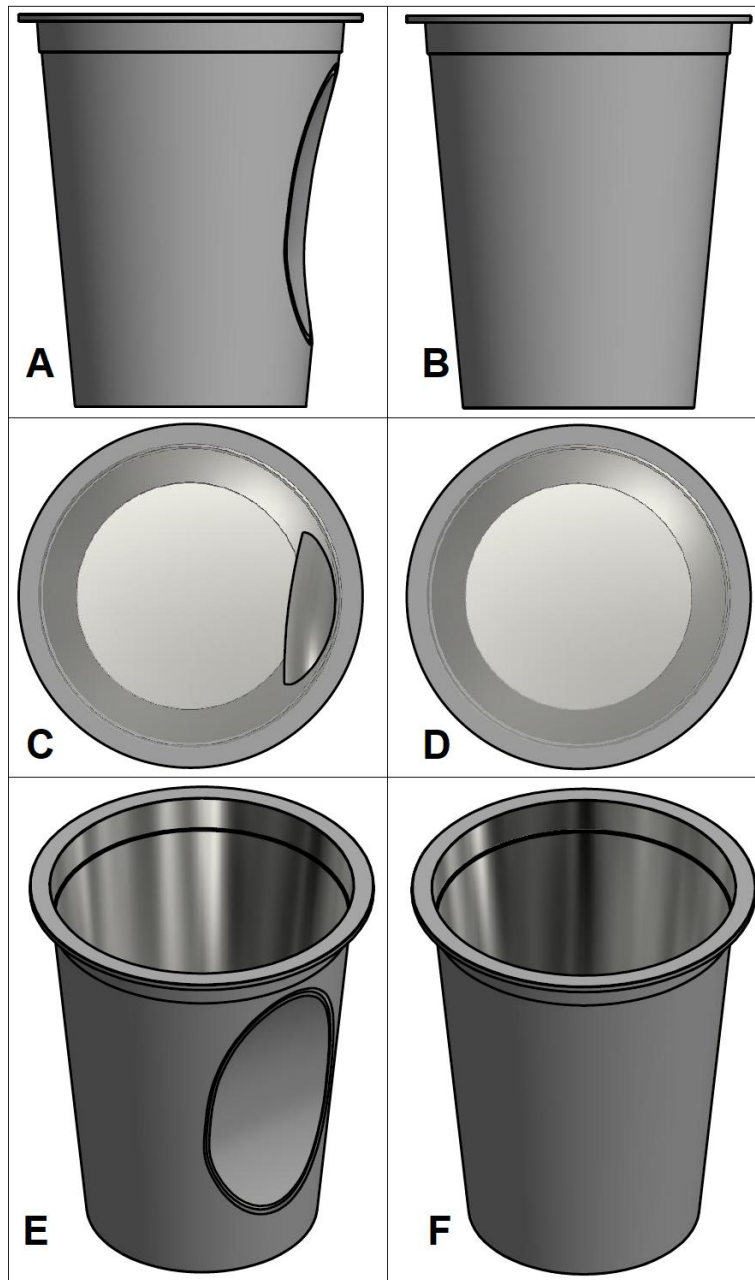


FIGURA 1.2: ESQUEMA DE ENVASE COLAPSADO VS. ENVASE NORMAL.

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 1.3: ENVASE COLAPSADO TOMADO EN PUNTO DE VENTA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Reducir al 5% el porcentaje de colapsamiento de los envases circulares de 150 cm³ que son transportados desde Machachi hasta la zona de la Costa, a través de la implementación de la metodología DMAIC.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las causas que provocan el colapsamiento de las paredes del envase durante el transporte de Sierra a Costa.
- Definir e implementar soluciones viables que permitan reducir el porcentaje de colapsamiento de los envases a través de la metodología DMAIC.
- Establecer un método de ensayo confiable que permita simular el fenómeno físico del cambio de presión derivado del cambio de altura durante el transporte de Sierra a Costa.
- Comprobar la efectividad de las acciones implementadas.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Proceso de termoformado

Existen varios tipos de procesos de termoformado de polímeros, entre los más utilizados en las industrias destacan:

- Termoformado Mecánico
- Termoformado por Vacío
- Termoformado por Presión

Cada uno tiene características que los diferencian entre sí. En este proyecto se abarcará específicamente el proceso de Termoformado por Vacío, lo cual derivará en el desarrollo de conceptos asociados a los elementos claves para este proceso, como son:

- Descripción del proceso
- Polímeros adecuados
- Variables del proceso
- Equipos

Polímeros adecuados

Dentro de los tres principales grupos de polímeros (Termoplásticos, termofijos y elastómeros), los polímeros termoplásticos son los más apropiados para el proceso debido a sus propiedades físicas (Plastigama de México, 2020).

**TABLA 1
POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS.**

Polímero	Temperatura de deflexión al calor			Temperatura de termoformado		
	A 264 PSI (°C)	A 66 PSI (°C)	Sin carga (°C)	Temp. de la lámina (°C)	Temp. del molde (°C)	Temp. de ayuda (°C)
Acrílico extruido	94	98	-	135-175	65-75	-
Acrílico cell-cast	96	110	-	160-180	65-75	-
Acetobutirato de celulosa	65-75	75-80	120-150	140-160	-	-
Sin Polietileno de alta densidad	-	60-80	100	145-190	95	170
Polipropileno	55-65	110-115	140	145-200	-	-
Poliestireno	70-95	70-100	100	140-170	45-65	90
SAN	100	105	-	220-230	-	-
ABS	75-115	80-120	95	120-180	70-85	90
Polivinilo de cloruro (RV.C.)	70	75	110	135-175	45	80
Policarbonato	130	140	160	180-230	95-120	140

Fuente: Plastigama de México.

El poliestireno será el material de interés para el desarrollo de este proyecto. En el mercado se disponen de varias opciones de poliestireno, dentro de estas, el enfoque se centrará en dos tipos:

- **General Purpose Polystyrene:** Material caracterizado por ser rígido, liviano y un alto índice de transmisión de luz. En la industria se lo usa para aplicaciones que requieran Rigidez y transparencia a un nivel funcional.
- **High Impact Polystyrene:** Material caracterizado por ser altamente flexible y liviano, sin embargo, tiene un aspecto visual opaco (mate). En la industria se lo usa para aplicaciones que requieran alta resistencia al impacto o mayor tolerancia a los esfuerzos de flexión en comparación con el GPPS.

Para un proceso de termoformado por vacío, se requiere de la aplicación de estos polímeros para la realización de una lámina previamente extruida. Las características iniciales de la lámina estarán relacionadas a las características finales del envase termoformado.

La geometría básica del diseño de la lámina extruida está relacionada con un factor clave del producto final en la industria de los envases, el peso.

- **Características de la lámina:**
 - Ancho: Restringido por las columnas del molde de termoformado de envases
 - Espesor: Restringido por el requerimiento de peso final del envase formado:

$$\text{Peso del envase formado: } A * e * d$$

- A: Área de corte
- e: Espesor de lámina
- d: Densidad del polímero

Variables del proceso

Dentro del proceso se controlan tres factores principales:

- **Temperatura de calentamiento:** Temperatura necesaria de preparación de la lámina para la etapa del moldeo.

Dentro de los tres tipos de calentamiento convencionales (Contacto, convección y radiación), el método de calentamiento por radiación es el

mayormente utilizado debido a que la lámina necesita un bajo tiempo de exposición para alcanzar el estado deseado (Savgorodny, 1978).

- **Temperatura de moldeo:** Temperatura necesaria para que la lámina se adapte adecuadamente a la silueta del molde/matriz final (Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 1997).
Este parámetro generalmente consiste en un rango de operación que debe manejar el siguiente criterio:
 - Límite inferior: Temperatura mínima de proceso que permite un correcto formado del envase final y que evita:
 - Falta de detalle de los ángulos de la matriz en el envase
 - Infra dimensionamiento de alturas, diámetros y/o perímetros
 - Límite superior: Temperatura mínima de proceso que permite un correcto formado del envase final y que evita:
 - Incorrecta distribución en las zonas altas de estiramiento del material
 - Fragilidad de paredes del envase por exceso de estiramiento del material

Secuencial al proceso de moldeo, pero dentro de la matriz, se realiza un proceso de enfriamiento. Este se genera a través de conductos de agua que atraviesan el molde. El enfriamiento del envase es necesario para evitar distorsiones en la geometría de este y a nivel mecánico, eleva los niveles de dureza del material final.

- **Presión negativa/vacío:** La presión negativa es necesaria para que la lámina se acople a la geometría del molde/matriz una vez que ha sido calentada. Ver Figura 2.1.

Generalmente, la presión negativa se ejerce a través de escapes de aire en las matrices. Un exceso de presión negativa produce perforaciones en el envase, en las zonas donde están localizadas las salidas de aire. Una falta de presión negativa genera que la geometría final del envase no se acople a la geometría del molde/matriz (Savgorodny, 1978).

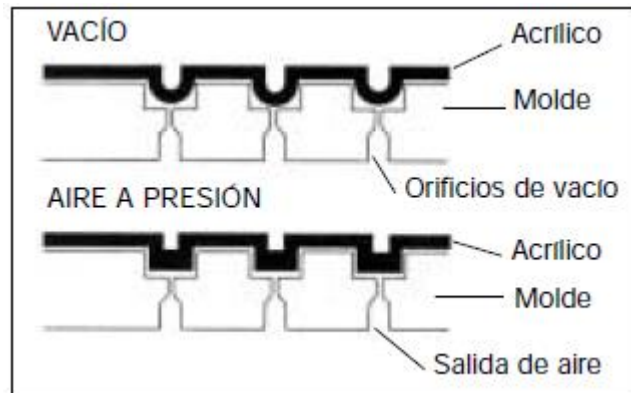


FIGURA 2.1: PROCESO DE FORMADO POR VACÍO Y PRESIÓN DE AIRE.
Fuente: Plastigama de México.

Inserto de ayuda

El inserto de ayuda tiene la finalidad de facilitar el moldeo de la lámina en la matriz de formado. La forma del inserto dependerá del molde/matriz que se esté utilizando (Cornish Álvarez, 1997). Ver Figura 2.2.

El inserto realiza una función mecánica, que consiste en empujar y estirar la lámina mientras esta está caliente dentro del molde y siendo absorbida por el vacío generado dentro.

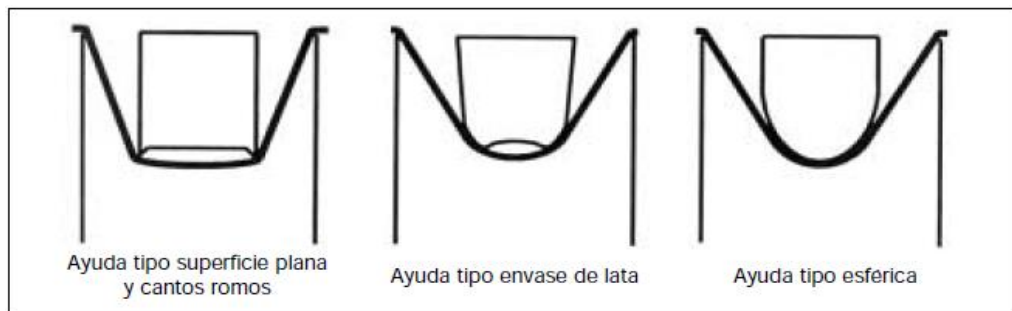


FIGURA 2.2: TIPOS DE INSERTOS EMPUJADORES.
Fuente: Plastigama de México.

2.2. Bases teóricas

Presión de un fluido

Todo fluido en reposo ejerce una presión perpendicular sobre la superficie del objeto que en este se encuentra sumergido, este fenómeno es representado por la siguiente ecuación (Young & Freedman, 2009):

$$P = F/A$$

- P: Presión
- F: Fuerza normal neta ejercida sobre una superficie
- A: Área sobre la cual la fuerza es ejercida

A la altura del nivel del mar (Guayaquil, Ecuador) se tiene una presión atmosférica distinta a la que se ejerce en una ciudad que se encuentra ubicada a 2900 metros sobre el nivel del mar (Machachi, Ecuador), esto debido a los diferentes volúmenes de aire en los que se encuentran sumergidos ambos ambientes. Mientras más cerca del nivel del mar se encuentre una ubicación, mayor será la columna de aire a soportar y, por lo tanto, mayor presión resultante.

Ley de Charles

Las variables que describen el estado de la materia – Presión, temperatura y Volumen – están relacionadas entre sí. Una de estas relaciones fue descrita por el Científico Jacques Charles, quien demostró que: A una presión constante, el volumen de un gas confinado se expande si este se calienta y se contrae cuando este es enfriado (Chang & Goldsby, 2013).

Una de las ilustraciones de la relación existente se representa en la siguiente ecuación:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- V_1 : Volumen del gas a temperatura 1 (T_1)
- V_2 : Volumen del gas a temperatura 2 (T_2)

Clasificación general de plásticos

En la industria objetivos existen dos grandes grupos principales de plásticos definidos como Termoplásticos y Termofijos.

Los termoplásticos son materiales sólidos a temperatura ambiente y que poseen buena elasticidad. A temperaturas elevadas, cuando alcanzan su punto

de fusión, se convierten en fluidos viscosos y son capaces de adquirir la forma de gran variedad de moldes. Tienen la propiedad de poder transformarse muchas veces a través de procesos térmicos (Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 1997).

Los termoplásticos más utilizados son:

- Poliolefinas
 - Polietileno: PE
 - Polipropileno: PP
 - Copolímero de etileno y acetato de vinilo: EVA
- Vinílicos
 - Policloruro de vinilo: PVC
 - Policloruro de vinilo rígido: PVC – R
 - Policloruro de vinilo flexible: PVC – F
- Estirénicos
 - Poliestireno: PS
 - Estireno acrilonitrilo: SAN
 - Acrilonitrilo-butadieno-estireno: ABS
- Acrílicos
 - Polimetil metacrilato: PMMA
- Poliamidas
- Poliéster termoplástico
- Policarbonato
- Polioxido de metileno

Los termofijos son materiales sólidos a temperatura ambiente que, a diferencia de los termoplásticos, no tienen la propiedad de transformarse más de una vez, es decir, sufren una transformación no reversible.

Los termofijos más utilizados son:

- Sistemas de formaldehido
 - Resina fenólica: PF
 - Aminoplásticos
- Sistemas de poliéster insaturados
- Sistemas epóxicos
- Poliuretanos
- Silicones

DMAIC

DMAIC es una metodología utilizada en una gran variedad de entornos de manufactura o servicios y que sirve para mejorar procesos ya existentes a través de herramientas de calidad (Pyzdek & Keller, 2010).

Las etapas de la metodología DMAIC son:

- **Definir:** Etapa en la que se proponen de manera concreta cuál es el objetivo del proyecto, ya sean estos generales o desagregados en puntos más específicos. Se define además el alcance que este el proyecto va a tener, incluyendo procesos.
- **Medir:** En esta etapa del proyecto se tiene un detalle más claro del proceso y de los sistemas de medición que en este se aplican. Es aquí donde se definen métricas y líneas base.
- **Analizar:** En esta etapa del proyecto se identifican las causas potenciales que son asignables al problema planteado por resolver. Aquí se identifican las causas que son vitales para ser separadas de las triviales. Esta etapa requiere de herramientas como lluvias de ideas o diagramas de causa-efecto.
- **Mejorar:** En esta etapa se proponen las soluciones a ser implementadas y que previamente fueron generadas como respuesta para la causa raíz del problema a resolver. Aquí es onde se promueven cambios en los procesos involucrados.
- **Controlar:** En esta etapa se plantean alternativas para mantener las mejoras implementadas. Estas alternativas pueden ser aplicadas en varios niveles como, por ejemplo: Documentación, procesos y monitoreo.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

Esta sección del documento mostrará el desarrollo del proyecto siguiendo los lineamientos establecidos por la metodología SIX SIGMA, haciendo uso de las herramientas adecuadas para cada etapa.

3.1. Definir

Problema por resolver

Desde hace por lo menos tres años, los formatos de envases 150B y 150R que son entregados a un cliente en Machachi, presentan un nivel de colapsamiento en sus paredes de hasta el 80% de las unidades producidas que son distribuidas en la región Costa. El cliente, que hace revisiones periódicas del producto en percha, reporta este defecto clasificándolo como nocivo para la imagen del producto.

Equipo de trabajo

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con un equipo de trabajo multidisciplinario. Los integrantes de este equipo se detallan a continuación:

- Gerente de operaciones
- Coordinador I+D
- Supervisor de termoformado
- Jefe de control de calidad

Se cuenta también con el apoyo de personal por parte del cliente:

- Supervisora de Calidad

Alcance del proyecto

El proyecto comprende el análisis de la cadena de suministro enfocada a los envases circulares de 150 cm³. Esto comprende desde las variables y detalles del proceso de producción del envase, las variables y detalles del proceso de

llenado y distribución una vez lleno, y el comportamiento final del envase en los puntos de venta críticos (Zona Costa)

Los envases circulares de 150 cm³ se dividen en dos formatos:

- Formato 150B
- Formato 150R

De aquí en adelante, el documento se referirá a los envases circulares de 150 cm³ por la denominación respectiva de su formato.

TABLA 2
SIPOC TERMOFORMADO Y LLENADO DE ENVASES.

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Fabricante / Distribuidor de resinas	Resina de Poliestireno Masterbatch	Proceso de Extrusión	Bobina de lámina extruida	Proceso de Termof. Control de Calidad
Proceso de Extrusión	Bobina de lámina extruida	Proceso de Termoformado	Envase termof.: 150B 150R	Proceso de Decorado Control de Calidad
Proceso de Termoformado	Envase termoformado: 150B 150R	Proceso de Decorado	Envase decorado: 150B DEC 150R DEC	Planta de llenado del cliente
Fabricante de etiqueta	Etiqueta termoencogible			
Proceso de Decorado	Envase decorado: 150B DEC 150R DEC	Envasado de Yogurt	Yogurt envasado: 170g 145g	Puntos de venta pequeños Puntos de venta medianos Puntos de venta grandes Departamento de Marketing Cliente

Fuente: Elaboración propia.

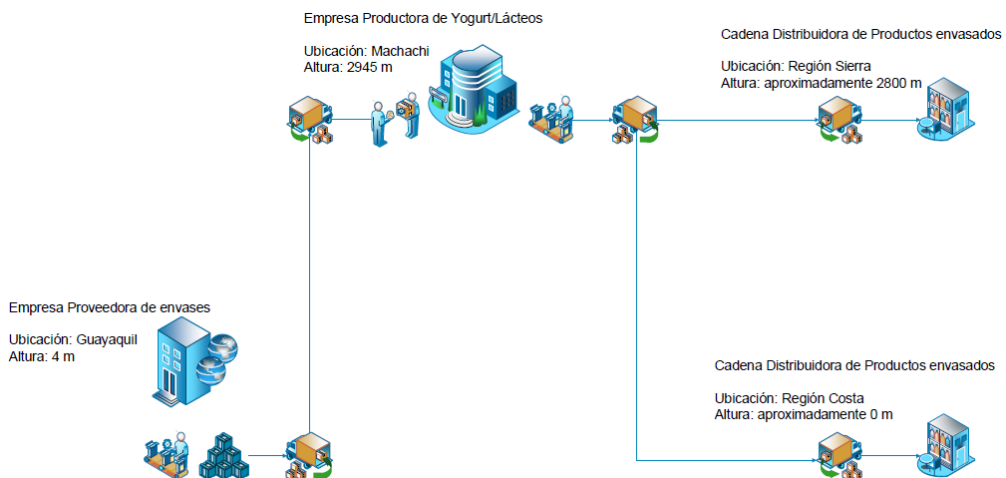


FIGURA 3.1: MACROMAPA TERMOFORMADO Y LLENADO DE ENVASES.

Fuente: Elaboración propia.

A través de entrevistas con los principales de los diferentes procesos involucrados y visitas técnicas en diferentes locaciones tanto de fabricación como de transporte, se han determinado los principales requerimientos con respecto al Desempeño y Presentación del envase. A través de un prolongado ejercicio VOC, se han determinado los hallazgos más relevantes para cada segmento involucrado en la cadena, ver Tabla 3.

TABLA 3
VOC - COLAPSAMIENTO DE ENVASES.

Segmento	Hallazgos			
Personal de Marketing del cliente	El envase no debe estar colapsado en la percha de los puntos de venta		1	
	El envase debe mantener la misma estética (forma actual)		2	
	No se deben cambiar colores base		3	
	El envase debe mantener su imagen tradicional (aspectos básicos)	No se deben cambiar materiales de etiquetas de presentación	4	
		El contenido del producto debe ser el mismo	5	
Personal de Operaciones del cliente	El envase debe funcionar en el proceso de llenado	Desapilado de torres	6	
		Sellado hermético con foil de aluminio	7	
		Balance correcto en la banda de transporte	8	
	El envase debe poder sellar correctamente con su par (Sobrecopa 110B)		9	
	No debe haber desabastecimiento de envases desde la fábrica		10	
Personal de Operaciones de La Empresa	Se debe utilizar un material de fácil procesamiento	Fluidez en la extrusión de lámina	11	
		Maleabilidad durante el termoformado	Buen comportamiento del esqueleto	12
			Buen comportamiento del envase	13

Fuente: Elaboración propia.

De los hallazgos determinado en el VOC, se definen criterios de medición relacionados, los mismos que servirán como guía para el levantamiento de información necesario, ver Tabla 4.

TABLA 4
CRITERIOS DE MEDICIÓN PARA HALLAZGOS DEL VOC DE
COLAPSAMIENTO DE ENVASES.

Criterios de medición							
Hallazgos	Volumen interno del envase	Perfil - Diseño	Peso del envase	Espesor de pared del envase	Tipo de mezcla de polímero	Head Space	Tipo de embalaje en PT de llenado
1	7	4	4	7	7	7	4
2	1	4	1	1	0	4	1
3	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	7	4	0	1	0	7	0
6	0	4	4	7	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0
8	4	4	1	0	0	4	0
9	0	0	1	0	0	1	0
10	0	0	1	0	4	0	4
11	0	0	1	0	7	0	0
12	0	0	4	0	7	0	0
13	4	4	4	4	4	0	0
Total	23	24	22	20	30	23	9

Fuente: Elaboración propia.

CTQ's

Los CTQ's definidos para el enfoque del estudio pueden clasificarse como CTQ's de Manufactura y CTQ's de Diseño. De la tabla VOC se determinan los siguientes:

- CTQ's de Manufactura:
 - **Peso del envase.**
 - **Espesor de pared del envase:** Espesor de la pared medido a media altura del envase.

- **Head Space:** Espacio sin Yogurt medido como altura de aire dentro del envase.
- CTQ's de Diseño:
 - **Volumen interno del envase:** Contenido neto que se puede introducir en el envase
 - **Perfil – Diseño:** Forma del envase (Vértices y ángulos)
 - **Tipo de mezcla de polímero:** Combinación de poliestireno utilizada en la extrusión de la lámina (Materia prima)
 - **Presión de colapsamiento:** Diferencial de presión atmosférica a la que los envases con contenido se colapsan.
 - **Tipo de embalaje en PT de llenado:** Forma de llenado y envío del producto final en la planta del cliente.

3.2. Medir

El plan de recolección de datos se realiza tomando en consideración las variables y atributos descritos en el VOC y las derivadas de estas.

Se cuentan con registros detallados de cada variable descrita previamente, estos como parte de los informes de control de calidad de cada proceso, registrados a diario. Para este proyecto se considera una data tomada entre los meses de julio y octubre del 2019. A continuación, se muestran los datos relevantes para esta etapa del proyecto.

3.2.1. Proceso de Extrusión de lámina de Poliestireno

El proceso de extrusión de la lámina de poliestireno entrega el producto en proceso que servirá como input para el proceso de termoformado del envase. Ver Figura 3.2. Las variables de salida del proceso requieren una lámina con las siguientes especificaciones:

- Ancho (mm): 690 ± 1
- Espesor (mm): 1.84 ± 0.06
- Peso lineal (g/m): 1333 ± 67

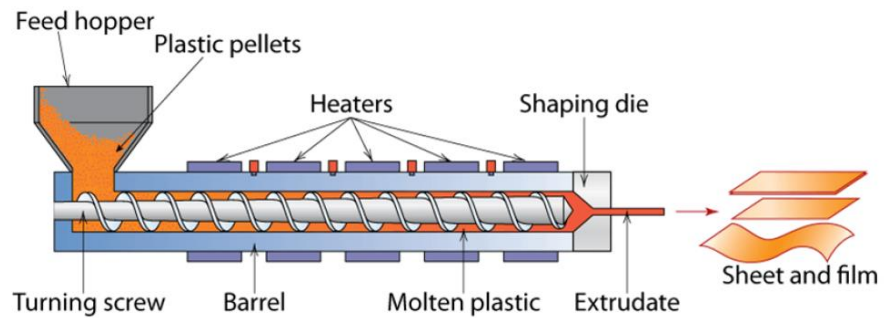


FIGURA 3.2: ESQUEMA DE PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LÁMINAS.

Fuente: (ROSCACIL, *Ind. e comércio de roscas e cilindros Ltda*, 2021)

Las variables de salidas se obtienen en la inspección I1 indicada en el diagrama de Flujo del proceso de extrusión, ver Figura 3.3. Utilizando los datos del proceso se comprueba la consistencia de la lámina extruida obtenida con los parámetros establecidos para el proceso.

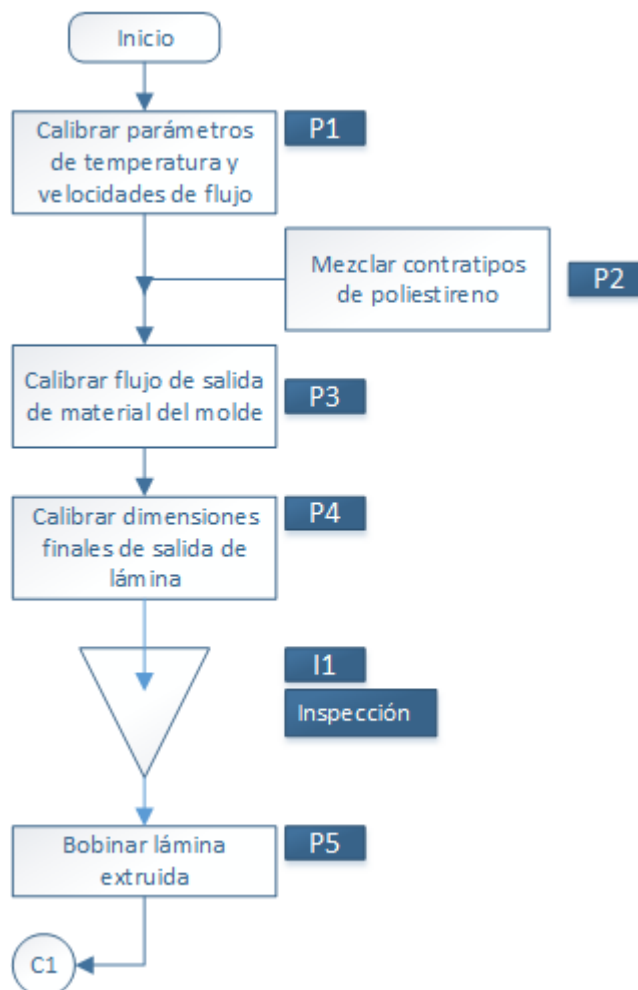


FIGURA 3.3: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE EXTRUSIÓN.

Fuente: Elaboración propia.

Con un Valor P de 0.446 se comprueba la normalidad de los datos, dado que se cuenta con datos con una distribución normal, se realiza un análisis de capacidad del proceso. Aquí se comprueba que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas según los resultados obtenidos en el análisis de capacidad, C_p y C_{pk} mayores a 1. Ver Figura 3.4.

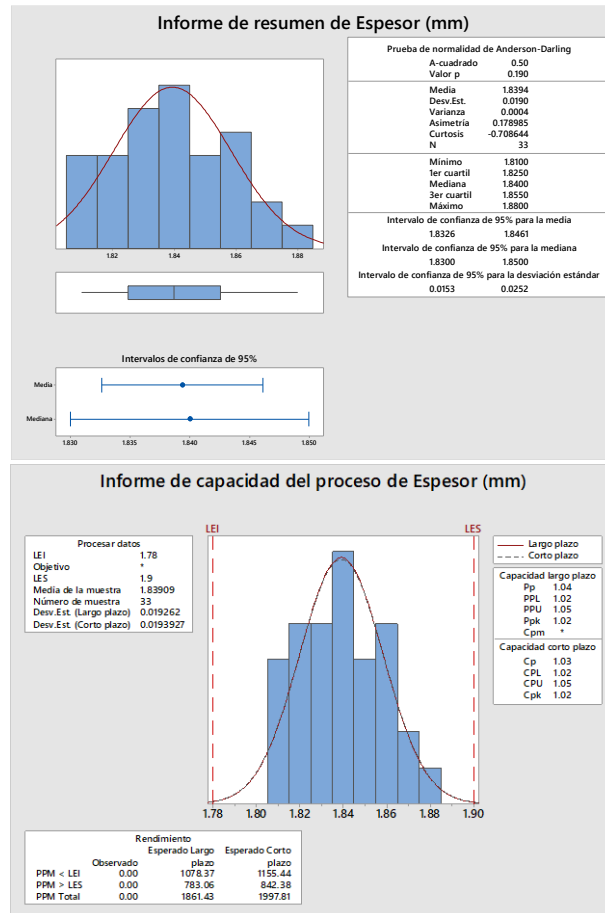


FIGURA 3.4: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE LÁMINA.

Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de extrusión se considera una mezcla de polímeros que garantice 3 atributos principales:

- Traslucidez
- Manejo en proceso
- Manejo del producto final

3.2.2. Proceso de termoformado de envases

El proceso de termoformado de los envases 150B y 150R, prácticamente definen las características finales para el envase. Existe un proceso posterior de decorado que no será analizado debido a que no aporta una transformación significativa a las propiedades físicas del envase.

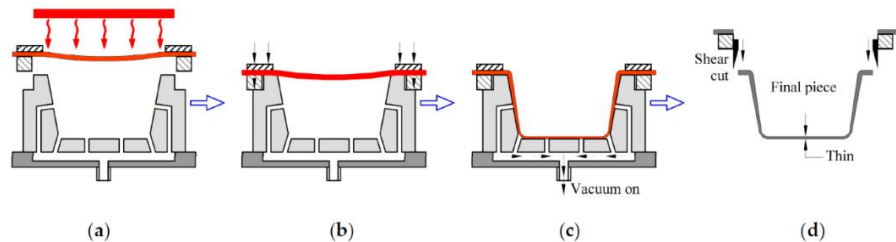


FIGURA 3.5: ESQUEMA DE FORMADO POR VACÍO; (A) CALENTAMIENTO DE LÁMINA; (B) SELLADO; (C) FORMADO; (D) DESMOLDADO.

Fuente: (De Oliveira Leite, Campos Rubio, Mata Cabrera, Carrasco, & Hanafi, 2018)

Las variables de salida del proceso requieren un envase son las siguientes especificaciones:

- Envase 150B
 - Peso (g): 8.5 ± 0.5
 - Espesor de pared (mm): 0.4 ± 0.1 mm
 - Altura total (mm): 85 ± 1
 - Altura de apilado: 7.3 ± 0.8
 - Diámetro de corte: 74.5 ± 0.5
- Envase 150R
 - Peso (g): 8.5 ± 0.5
 - Espesor de pared (mm): 0.4 ± 0.1 mm
 - Altura total (mm): 85 ± 1
 - Altura de apilado: 6.5 ± 0.5
 - Diámetro de corte: 74.5 ± 0.5

Estas dimensiones son las que determinan el correcto funcionamiento de los envases en los procesos posteriores de transporte y llenado en la línea del cliente.

Las variables de salidas se obtienen en la inspección I2 indicada en el diagrama de Flujo de proceso de termoformado, ver Figura 3.6. Utilizando los datos del proceso se comprueba la consistencia del envase termoformado obtenido con los parámetros establecidos para el proceso.

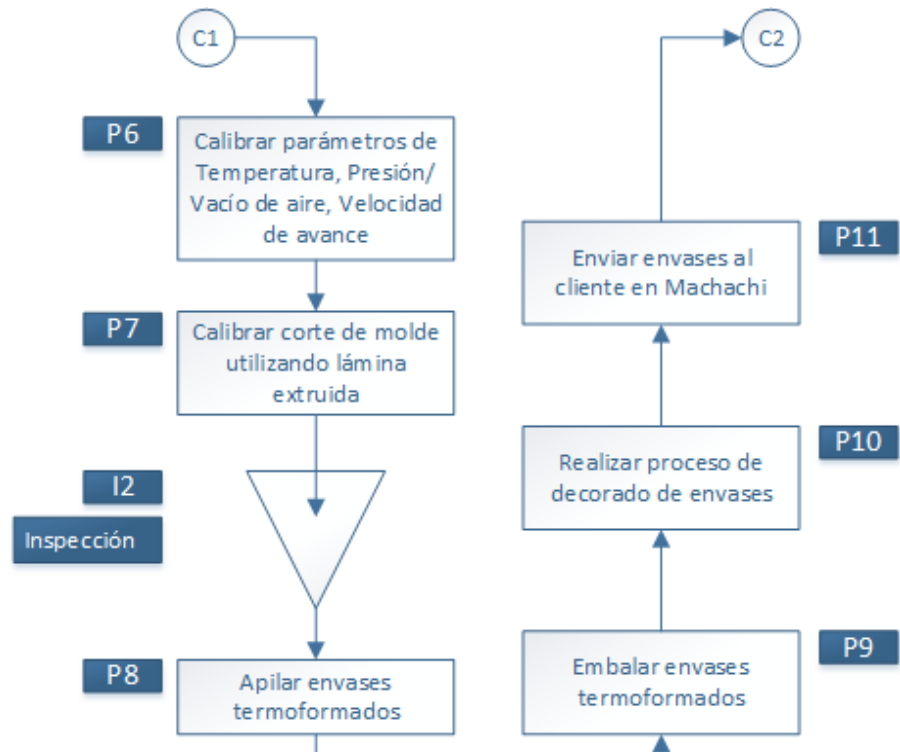


FIGURA 3.6: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE TERMOFORMADO.

Fuente: Elaboración propia.

Del grupo de variables de salida, el desempeño del envase se verá afectado por dos de ellas, a las que se las puede considerar como críticas: Peso y Espesor de pared.

Variable Espesor de Pared

La medición del espesor para los envases se realiza en el punto de altura media aproximadamente. De no contar con el espesor necesario, el envase pierde resistencia frente a esfuerzos aplicados externamente, la presión atmosférica incluida entre ellos.

Dado que se cuenta con datos con una distribución normal, se realiza un análisis de capacidad del proceso. Las figuras 3.7 y 3.8 muestran los resultados de la media de la dimensión "Espesor" para ambos envases. Los valores indican que el proceso es capaz de cumplir con

una especificación de 0.40 ± 0.10 mm para ambos formatos de envases. Cp y Cpk mayores a 1.

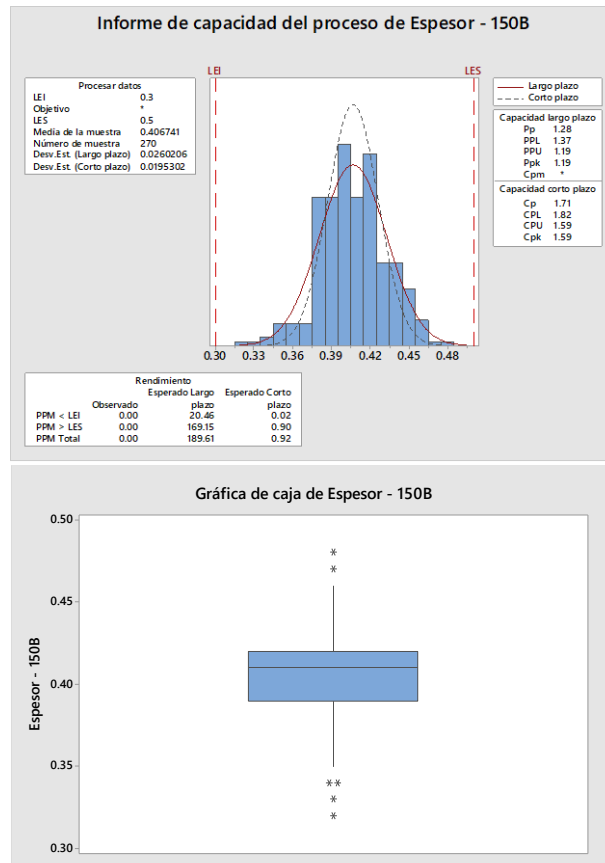


FIGURA 3.7: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE ENVASE 150B.

Fuente: Elaboración propia.

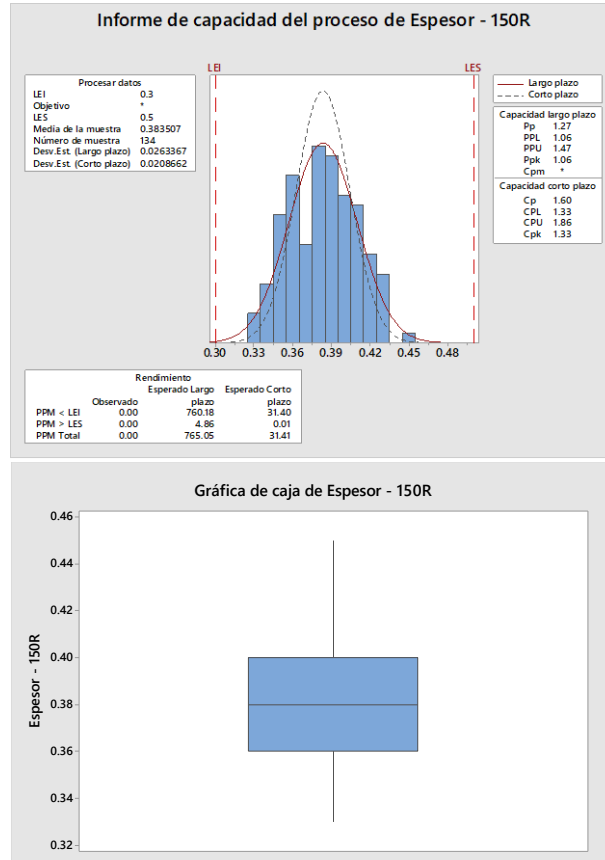


FIGURA 3.8: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE ENVASE 150R.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Peso

La medición del peso para los envases se realiza periódicamente durante el turno de producción, en intervalos máximos de dos horas. El peso del envase se define desde el espesor proveniente de la lámina extruida y se mantiene con una calibración adecuada durante el proceso de termoformado.

Dado que se cuenta con datos con una distribución normal, se realiza un análisis de capacidad del proceso. Las figuras 3.9 y 3.10 muestran los resultados de la media de la dimensión “Peso” para ambos envases.

Los valores indican que el proceso es capaz de cumplir con una especificación de 8.5 ± 0.50 mm para ambos formatos de envases. Cp y Cpk mayores a 1.

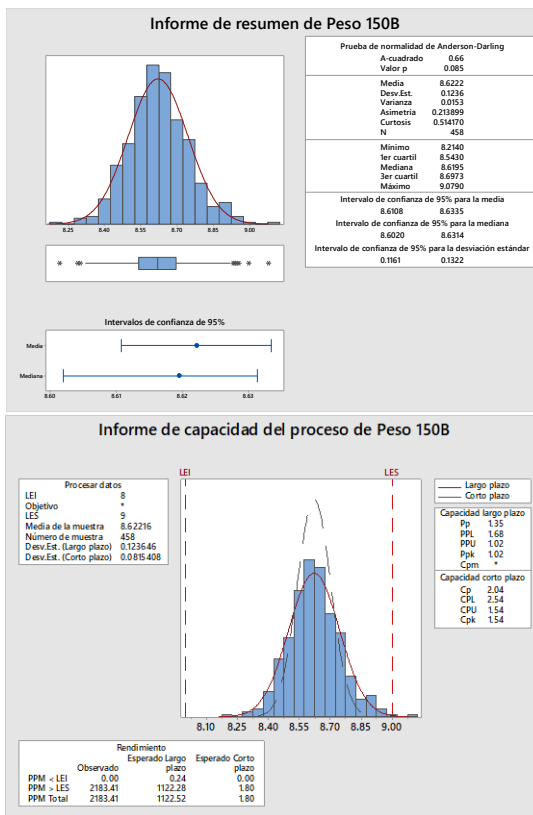


FIGURA 3.9: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150B.

Fuente: Elaboración propia.

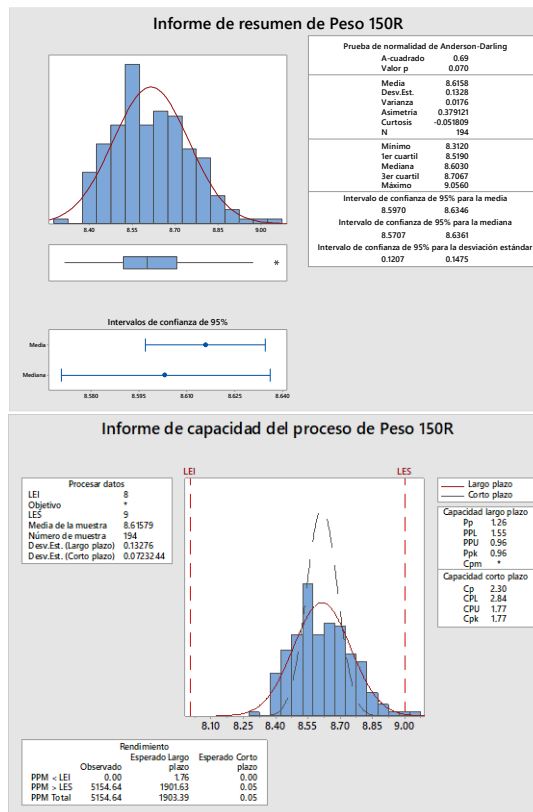


FIGURA 3.10: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150R.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Analizar

Luego de realizada la medición de las variables críticas del proceso y de determinar el estado del proceso con respecto a cada una, se determinan las causas raíz por analizar.

Para esto se involucran a todos los miembros del equipo interno y externo:

- Coordinador de I+D: Responsable de la ejecución de modificaciones en lo que corresponde al diseño de matricería y funcionamiento de moldes de formado.
- Jefe de producción: Responsable de la coordinación de personal, materiales y tiempos para la ejecución de pruebas internas.

- Jefe de control de calidad: Responsable de dar seguimiento y análisis de los resultados de pruebas internas y externas en todos los niveles.
- Gerente de operaciones: Responsable de autorizar el uso de los recursos de La Empresa para la coordinación de pruebas internas y externas.
- Supervisora de calidad del cliente: Aporte de información y validación de resultados por parte del cliente.

Con el soporte del equipo se realiza el Causa-Efecto mostrado en la Ver Figura 3.11.

Del diagrama de Causa-efecto se rescatan causas relevantes que son analizadas para determinar su ponderación con respecto al problema del colapsamiento, en función de dos características: Impacto sobre el problema y Control sobre la causa. Ver Tabla 5.

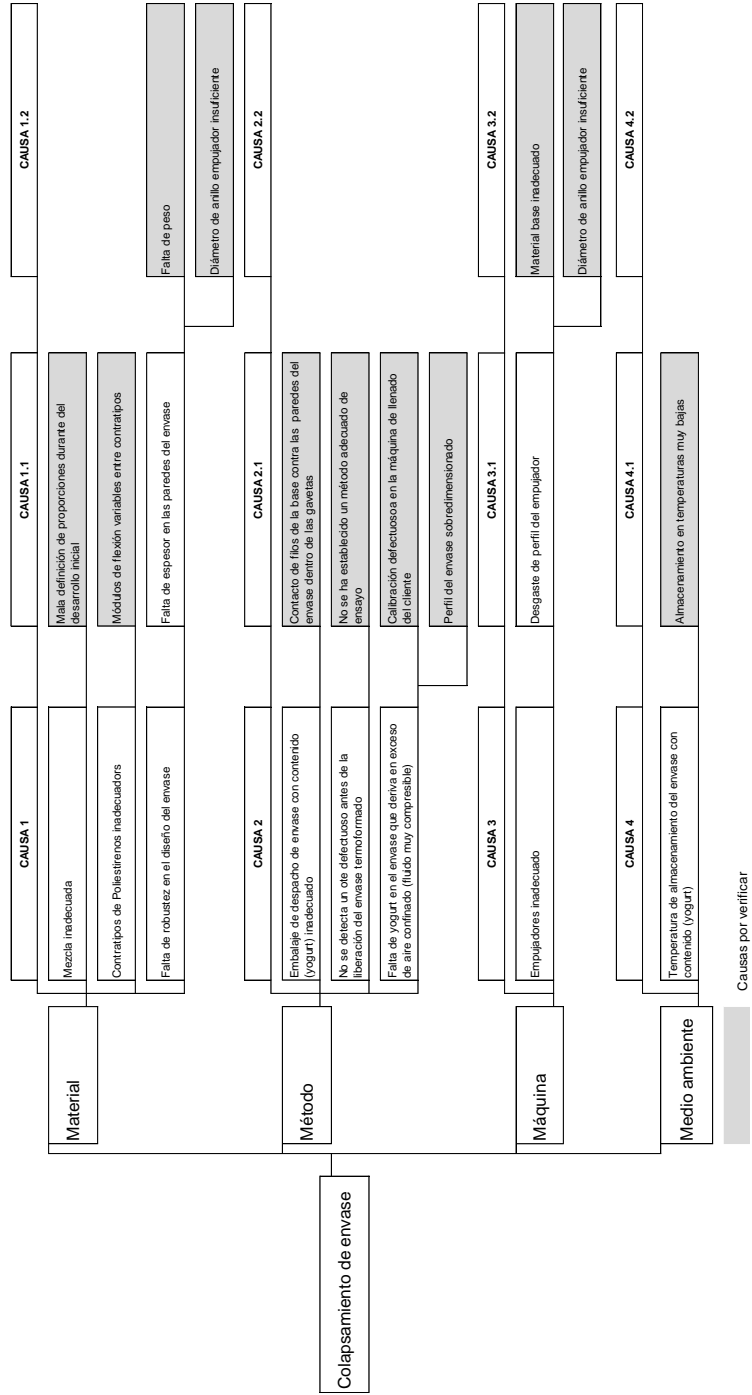


FIGURA 3.11: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.
 Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 5
MATRIZ DE PONDERACIÓN DE CAUSAS.**

	Causas	Impacto	Control	Ponderación
1	Mala definición de proporciones de Mezcla de materia prima durante del desarrollo inicial	1	2	2
2	Módulos de flexión variables entre contratipos de poliestireno	3	1	3
3	Falta de peso del envase termoformado	3	3	9
4	Contacto de filamentos de la base del envase contra las paredes de este dentro de las gavetas durante el transporte	2	1	2
5	No se ha establecido un método adecuado de ensayo para la medición de la presión de colapsamiento	2	3	6
6	Calibración defectuosa en la máquina de llenado del cliente	2	1	2
7	Perfil del envase sobredimensionado	3	2	6
8	Material base del inserto/empujador inadecuado	1	3	3
9	Diámetro de anillo empujador insuficiente	2	4	8
10	Almacenamiento del envase con contenido/yogurt en temperaturas muy bajas	4	1	4

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la ponderación, se priorizan 5 causas, para las cuales se prepara un plan de verificación, detallado en la matriz de verificación de causas. Ver Tabla 6.

TABLA 6
MATRIZ DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS.

Plan de verificación de causas		
Causa	Efecto en el colapsamiento del envase	Manera de Verificación
a Falta de peso y espesor del envase termoformado	Las variables peso y espesor de pared guardan relación entre sí, debido a que un aumento de espesor requiere de un suministro mayor de material por área de corte. Agregar material al envase final, aumentará proporcionalmente el peso, en consecuencia, se consigue un mayor calibre en la pared del envase y de esta manera se aumentará la resistencia del envase frente a esfuerzos externos.	Relación entre variables de peso, espesor y presión de colapsamiento
b No se ha establecido un método adecuado de ensayo para la medición de la presión de colapsamiento	Un sistema de simulación de presión inadecuado no permite detectar un lote que no cumpla con este requerimiento cuando el envase se enfrente al cambio de presión atmosférica durante el transporte hacia la región Costa	Medición de resistencia al colapsamiento del envase y establecimiento de parámetros para un ensayo adecuado
c Perfil del envase sobredimensionado	El perfil del envase determina el volumen interno del mismo. Un exceso de volumen interno permite un mayor almacenamiento de aire dentro del envase luego de llenarse con el yogurt. A diferencia del yogurt (líquido), los gases pueden comprimirse por el aumento de presión.	Diseño estándar bajo petición del cliente. Dimensiones necesarias para mantener funcionalidad.
d Diámetro de anillo empujador insuficiente	La variable espesor de pared no depende solamente de la cantidad de material agregada al área de corte. La correcta distribución del material a lo largo del perfil del	Relación entre espesor de pared y estado del empujador

		envase se ve afectada por el estado del inserto empujador	
e	Almacenamiento del envase con contenido/yogurt en temperaturas muy bajas	El espacio libre de yogurt, aire, es afectado por el aumento o disminución de temperatura. Temperaturas lo suficientemente bajas son capaces de comprimir el aire dentro del envase hasta colapsar el envase	Mediciones de proporciones de colapsamiento en diferentes ambientes

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de la verificación de las causas relevantes entregan las siguientes conclusiones.

a. Falta de peso y espesor del envase termoformado

En las figuras 3.12 y 3.13 se muestra la relación que guardan los datos de peso y espesor con respecto a una simulada presión de colapsamiento para los formatos de envases 150B y 150R.

Para los datos de presión de colapsamiento y peso del envase 150B, existe una correlación de 0.312, lo cual indica que a medida que el peso del envase aumenta, la resistencia al colapsamiento también lo hará. Así mismo, el valor P de 0 indica que la correlación es significativa.

Para los datos de presión de colapsamiento y espesor del envase 150B, existe una correlación de 0.380, lo cual indica que a medida que el peso del envase aumenta, la resistencia al colapsamiento también lo hará. Así mismo, el valor P de 0 indica que la correlación es significativa.

Para los datos de presión de colapsamiento y peso del envase 150R, existe una correlación de 0.151, lo cual indica que a medida que el peso del envase aumenta, la resistencia al colapsamiento también lo hará. Sin embargo, el valor P de 0.081 indica que la correlación no es significativa.

Para los datos de presión de colapsamiento y espesor del envase 150R, existe una correlación de 0.225, lo cual indica que a medida que el peso del envase aumenta, la resistencia al colapsamiento también lo hará. Así mismo, el valor P de 0.009 indica que la correlación es significativa.

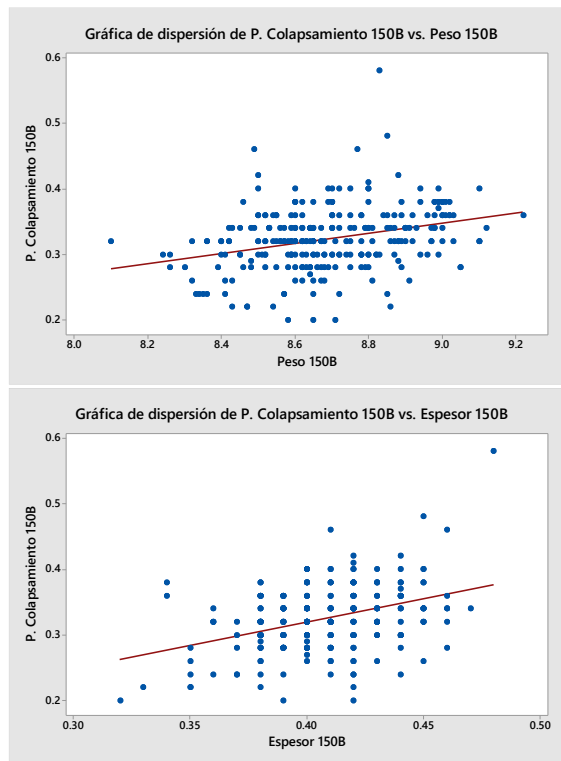


FIGURA 3.12: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN PARA ENVASE 150B.
Fuente: Elaboración propia.

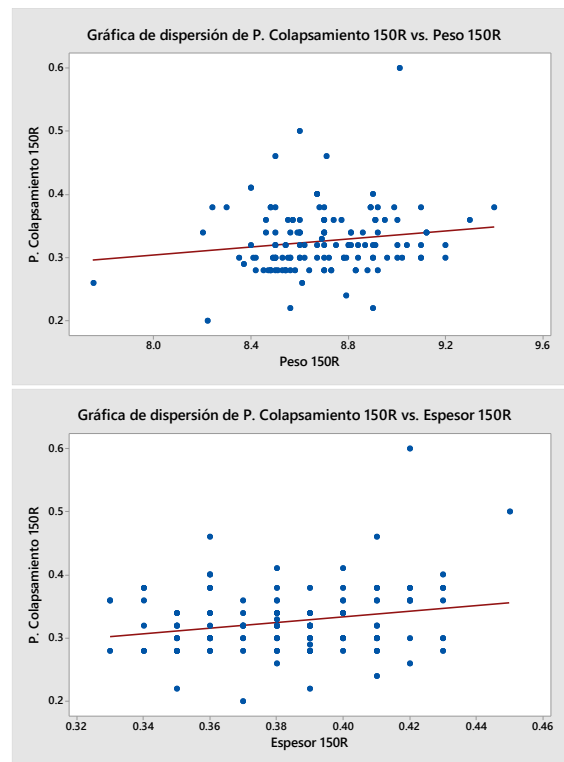


FIGURA 3.13: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN PARA ENVASE 150R.

Fuente: Elaboración propia.

b. No se ha establecido un método adecuado de ensayo para la medición de la presión de colapsamiento

El método de ensayo actual consta de los siguientes parámetros:

- Nivel de llenado
- Presión a la que el envase colapsa

Bajo los parámetros actuales se contempla que la diferencia de altura entre Machachi y Guayaquil (Alturas referenciales entre región Costa y Sierra) deriva en un diferencial de presión de + 0.28 bar (Ver Figura 3.14). Bajo esta premisa, el 85% de los envases debería soportar el cambio de región, sin embargo, los muestreos en perchas indican que solamente el 20% de los envases soportan el cambio de región.

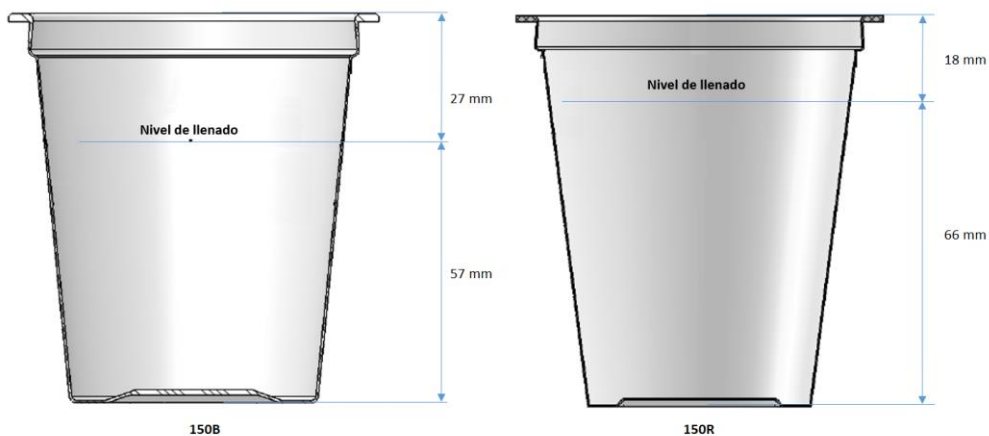


FIGURA 3.14: ALTURAS DE LLENADO PARA ENVASES 150B Y 150R.

Fuente: Elaboración propia.

Se ha comprobado que la variación del nivel de llenado del envase (dado por el proceso de llenado del cliente) es despreciable. El nivel de llenado tuvo un rango de 1 mm entre las muestras tomadas en percha.

Los ensayos sugieren que los envases 150B colapsan a la misma presión con un nivel de llenado de 57 o 58 mm. Lo mismo sucede con el envase 150R, la presión de colapsamiento de un envase lleno a un nivel de 66 mm es la misma que la de un envase con un nivel de 67 mm.

Esta evidencia indica que el parámetro objetivo de la Presión que el envase debe resistir está mal definido, la causa más probable es debido a la temperatura a la que se realiza el ensayo de colapsamiento. (Ver Figura 3.15).



FIGURA 3.15: ENSAYO DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES.

Fuente: Elaboración propia.

c. Diámetro de anillo empujador insuficiente

Se realiza una producción de envases 150B en la que se coloca 1 empujador sin desgaste en la cavidad 6 del molde y se mantienen los empujadores con desgaste por proceso en el resto de las cavidades. En la figura 3.16 se muestran los resultados obtenidos con respecto a los espesores de las paredes del envase para cada tipo de empujador.

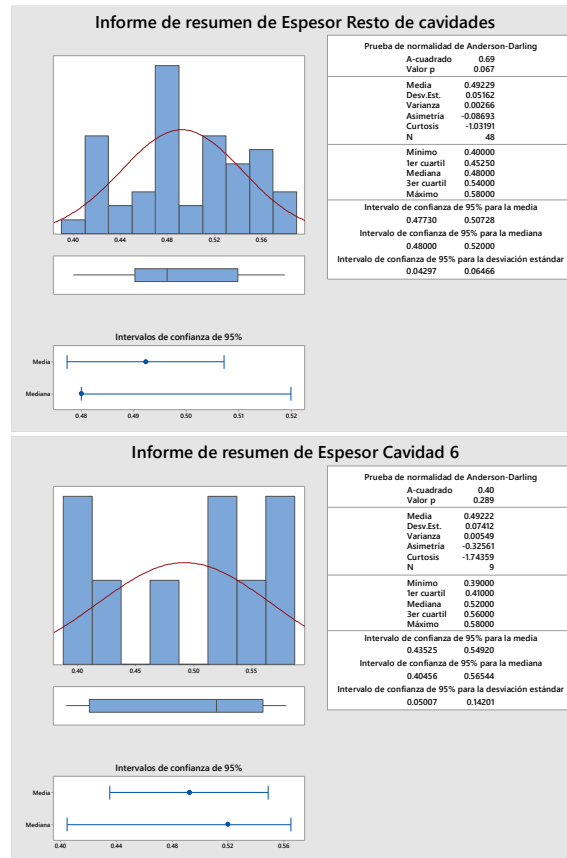


FIGURA 3.16: ESTADÍSTICAS DE ESPESOR DEL ENVASE 150B EN FUNCIÓN DEL TIPO DE INSERTO EMPUJADOR.

Fuente: Elaboración propia.

- Contraste de Hipótesis para espesor promedio de pared del envase

$$H_0 = \text{Espesor}_{\text{Resto de cavidades}} = \text{Espesor}_{\text{Cavidad 6}}$$

vs.

$$H_1 = \text{Espesor}_{\text{Resto de cavidades}} \neq \text{Espesor}_{\text{Cavidad 6}}$$

TABLA 7
PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA MEDIA DEL ESPESOR DEL ENVASE 150B.

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
0.00	9	0.998

Fuente: Elaboración propia.

Con el planteamiento de un contraste de hipótesis para la media de la medida de los espesores de la pared del envase, con un valor p de 0.998 (Ver Tabla 7), se concluye que no hay diferencia significativa entre los promedios de esta variable sin importar el estado de desgaste del empujador.

Se descarta esta causa como una causa raíz.

d. Almacenamiento del envase con contenido/yogurt en temperaturas muy bajas

Se realiza una toma de muestras de envases 150B y 150R en las bodegas del cliente en Guayaquil. Los detalles del estado de cada tipo de envase se muestran en la Tabla 8.

TABLA 8
PROPORCIONES DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES EN BODEGAS GUAYAQUIL.

Formato de envase	Colapsados		No Colapsados	
Envase 150B	138	86.25%	22	13.75%
Envase 150R	116	72.50%	44	27.50%

Fuente: Elaboración propia.

Luego de ser revisados dentro de las bodegas a una temperatura de 6°C, se toman 24 envases colapsados y se los traslada hasta un ambiente con una temperatura de 25°C. El resultado del aumento de temperatura en el ambiente ocasionó que una proporción de los envases recuperaran su forma normal (desaparece efecto de colapsamiento). Los resultados se muestran en la Tabla 9.

**TABLA 9
EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PROPORCIÓN DE ENVASES
COLAPSADOS.**

Formato de envase	6°C		25°C			
	Envases colapsados	Envases no colapsados	Envases colapsados		Envases no colapsados	
Envase 150B	12	0	7	58%	5	42%
Envase 150R	12	0	5	42%	7	58%

Fuente: Elaboración propia.

En esta medición los resultados demuestran la influencia de la temperatura ambiente, disminuyendo los envases colapsados a un 58% de la cantidad inicial en el caso del formato 150B y a un 42% en el caso del formato 150R.

Las causas verificadas son las siguientes:

- a. Falta de peso y espesor del envase termoformado
- b. No se ha establecido un método adecuado de ensayo para la medición de la presión de colapsamiento
- c. Perfil del envase sobredimensionado
- d. Almacenamiento del envase con contenido/yogurt en temperaturas muy bajas

3.4. Mejorar

Con la verificación de las causas raíz, junto con el equipo de trabajo (Mencionado en la sección 3.3) se definen soluciones potenciales para cada una. En la Tabla 10 se muestran las ideas relevantes identificadas.

**TABLA 10
MATRIZ DE SOLUCIONES.**

Causa		Solución	
a	Falta de peso y espesor del envase termoformado	a	Aumentar espesor de lámina extruida
		b	Diseñar nuevo formato de empujador con diámetro de anillo de refuerzo mayor
b	No se ha establecido un método adecuado de ensayo para la medición	c	Encontrar la relación correcta entre presión simulada y la presión a la que es sometida el envase durante el transporte

	de la presión de colapsamiento		
c	Perfil del envase sobredimensionado	d	Disminuir altura de envase
		e	Aumentar conicidad de envase
d	Almacenamiento del envase con contenido/yogurt en temperaturas muy bajas	f	Definir una temperatura de almacenamiento dentro de cámara de frío
		g	Realizar mediciones de colapsamiento en puntos de venta y no en la bodega de acopio

Fuente: Elaboración propia.

A través de un análisis en función del esfuerzo y el impacto de las alternativas sobre el colapsamiento del envase, se determinan las soluciones más factibles para implementar, los detalles se muestran en la Tabla 11.

TABLA 11
MATRIZ DE PONDERACIÓN DE SOLUCIONES.

Solución		Esfuerzo	Impacto	Ponderación
a	Aumentar espesor de lámina extruida	4	4	16
b	Diseñar nuevo formato de empujador con diámetro de anillo de refuerzo mayor	2	3	6
c	Encontrar la relación correcta entre presión simulada y la presión a la que es sometida el envase durante el transporte	2	4	8
d	Disminuir altura de envase	1	2	2
e	Aumentar conicidad de envase	1	2	2
f	Definir una temperatura de almacenamiento dentro de cámara de frío	1	4	4
g	Realizar mediciones de colapsamiento en puntos de venta y no en la bodega de acopio	3	4	12

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se especifican las justificaciones para las soluciones relevantes escogidas (aquellas que obtuvieron una ponderación ≥ 6):

- a. **Aumentar espesor de lámina extruida:** Aumentar el espesor de la lámina extruida permite aumentar peso al envase termoformado de manera natural, sin necesidad de recurrir a métodos forzados como adelantamiento de insertos empujadores o reducciones de temperaturas excesivas, los cuales generan variaciones exageradas en el peso final o deformaciones no deseadas.
- b. **Diseñar nuevo formato de empujador con diámetro de anillo de refuerzo mayor:** Se necesita modificar el inserto empujador para conseguir una distribución adecuada del material a lo alto de la pared del envase. El aumento del diámetro del anillo de refuerzo permite obtener un espesor adicional en la altura media del envase, que deriva en mayor rigidez en esta zona.
- c. **Encontrar la relación correcta entre presión simulada y la presión a la que es sometida el envase durante el transporte:** Determinar la presión adecuada para los ensayos de colapsamiento internos permitirá obtener un método de inspección más robusto para asegurar la resistencia del envase frente al cambio de altura y temperatura al que va a estar sometido.
- g. **Realizar mediciones de colapsamiento en puntos de venta y no en la bodega de acopio:** Como se demostró durante la verificación de la **Causa E**, la temperatura ambiente es un factor influyente en el desempeño del envase. El punto de muestreo determinará el % correcto de envases colapsados.

En la Tabla 12, se establece el plan de implementación de las para las soluciones determinadas como relevantes:

TABLA 12
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.

Solución planteada	Tareas Definidas	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Responsable
a Aumentar espesor de lámina extruida	Definir nuevo espesor de lámina extruida	14 / julio / 2019	15 / julio / 2019	Jefe Calidad
	Realizar prueba de extrusión de lámina	14 / julio / 2019	21 / julio / 2019	Jefe Producción
b Diseñar nuevo formato de	Definir dimensiones de nuevo	21 / julio / 2019	25 / julio / 2019	Coordinador Proyectos

	empujador con diámetro de anillo de refuerzo mayor	perfil de empujador			
		Fabricar empujador	21 / julio / 2019	31 / julio / 2019	Coordinador Proyectos
c	Encontrar la relación correcta entre presión simulada y la presión a la que es sometida el envase durante el transporte	Determinar rangos de desempeño del envase con relación al colapsamiento	21 / julio / 2019	25 / julio / 2019	Jefe Calidad
		Realizar prueba de termoformado de envases	01 / agosto / 2019	16 / agosto / 2019	Jefe Producción
		Enviar envases de prueba para llenado en planta del envase	18 / agosto / 2019	23 / agosto / 2019	Jefe Producción
		Recibir envases de prueba con contenidos de Machachi	22 / agosto / 2019	20 / septiembre / 2019	Jefe Calidad
		Comprobar desempeño de envases de prueba	22 / septiembre / 2019	27 / septiembre / 2019	Jefe Calidad
		Planificar producción en masa para seguimiento	29 / septiembre / 2019	29 / noviembre / 2019	Jefe Producción
		g	Realizar mediciones de colapsamiento	Medición de desempeño del envase	17 / noviembre / 2019

	nto en puntos de venta y no en la bodega de acopio	en punto de venta			
--	---	----------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Las propuestas de mejoras requieren de un iniciador, en este caso la determinación de una nueva resistencia mínima del envase será el punto de partida.

Utilizando todos los datos disponibles de envases muestreados en percha a los que se les realizó un ensayo de colapsamiento, se obtiene una presión de colapsamiento pico de 0.38 bar. Se determina el valor de 0.38 bar como el nuevo objetivo de resistencia al colapsamiento de los envases 150B y 150R.

Con este nuevo objetivo de resistencia, se utilizan los datos históricos de los ensayos simulados de colapsamiento para determinar variables objetivo de peso y espesor del envase. Se utilizan los valores de los envases 150B y utilizando regresión lineal se realizan las estimaciones necesarias (Ver Figura 3.17)

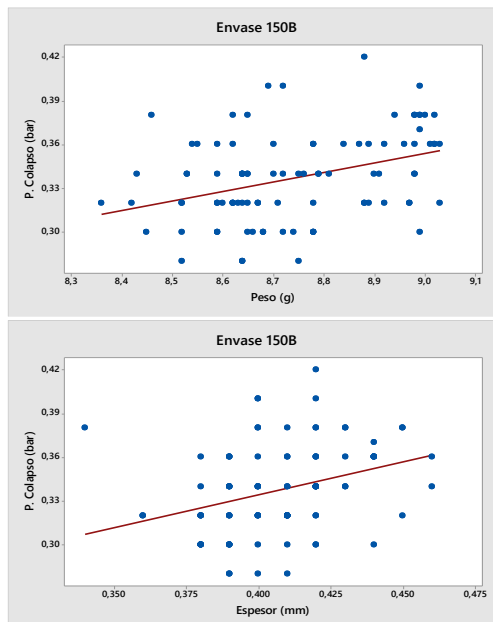


FIGURA 3.17: DATOS DE ENVASES 150B TOMADOS DE PERCHA DE PUNTO DE VENTA.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la regresión lineal son los siguientes:

Factor 1: Peso

- $P. \text{ Colapso (bar)} = -0,233 + 0,0652 \text{ Peso (g)}$
 - Para una $P. \text{ Colapsamiento} = 0.38 \text{ bar}$, se requeriría de un peso aproximado de 9.40 g

Factor 2: Espesor de pared

- $P. \text{ Colapso (bar)} = 0,1531 + 0,452 \text{ Espesor (mm)}$
 - Para una $P. \text{ Colapsamiento} = 0.38 \text{ bar}$, se requeriría de un espesor de pared aprox. de 0.50 mm

Una prueba preliminar realizada el 14 de julio del 2019 arroja resultados que sugieren trabajar con envases de 10 g de peso (considerando una variación de $\pm 0.6 \text{ g}$) para mantener los porcentajes de envases colapsados por debajo del 2%. Ver figura 3.18.

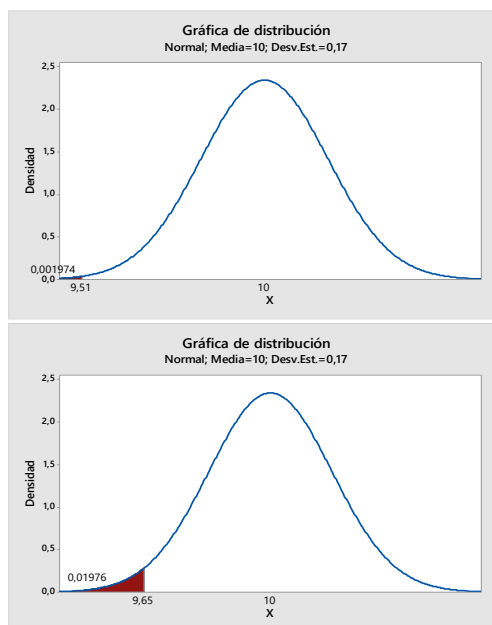


FIGURA 3.18: ESTIMACIÓN DE PORCENTAJES DE ENVASES COLAPSADOS.

Fuente: Elaboración propia.

El espesor de la lámina extruida requerida para formar un envase de 10 g de peso se determina con el cálculo mostrado a continuación:

$$Espesor = \frac{peso}{Area\ de\ corte * densidad\ del\ polímero}$$

Con un peso de 10g, un área de corte de 74.5 mm y una densidad de polímero de 1.05 g/cm³, se obtiene un espesor de lámina teórico de 2.18 mm. A este cálculo se le realiza un ajuste en función de datos históricos con lo que se determina un espesor objetivo para la lámina extruida de 2.16 mm.

El diseño del perfil del inserto empujador viene determinado por las sugerencias de diseños previos para envases similares. Estos son determinados por el coordinador de I+D, y los detalles de las dimensiones y formas son información reservada. El inserto empujador junto con el nuevo espesor de lámina extruida son los responsables del nuevo espesor de pared del envase: 0.5 mm.

Con las mejoras previas determinadas, el nivel de llenado del envase para los ensayos de colapsamiento se mantiene en 57 mm para el envase 150B y 66 mm para el envase 150R.

Los detalles de las mejoras implementadas se muestran a continuación:

- Aumento de espesor de lámina extruida, de 1.84 mm a 2.16 mm.
- Definición de nuevo perfil de inserto empujador (mismo inserto para ambos formatos de envase)
- Aumento de peso del envase de 8.5 g a 10 g para envases 150B y 150R.
- Aumento del espesor de pared del envase de 0.4 mm a 0.5 mm para envases 150B y 150R.
- Definición de resistencia mínima al colapsamiento de 0.38 bar, para el ensayo interno de inspección para envases 150B y 150R.
- Definición de los niveles de llenado estándar para cada tipo de formato:
 - 150B: 57 mm de altura
 - 150R: 66 mm de altura
- Establecimiento de punto de muestreo fuera de las bodegas de congelamiento del cliente, específicamente, en los comisariatos.

Las acciones implementadas tuvieron un efecto directo sobre el efecto del colapsamiento del envase luego del transporte entre regiones. Las acciones implicaron cambios en las especificaciones o CTQ's iniciales de cada proceso, desde la extrusión hasta el termoformado.

Cambios en los CTQ's:

- **Proceso de Extrusión**

- Ancho (mm): 690 ± 1
- Espesor (mm): 2.16 ± 0.08
- Peso lineal (g/m): 1565 ± 79

- **Proceso de Termoformado**

- Envase 150B
 - Peso (g): 10.0 ± 0.6
 - Espesor de pared (mm): 0.5 ± 0.1
 - Altura total (mm): 85 ± 1
 - Altura de apilado (mm): 7.3 ± 0.8
 - Diámetro de corte (mm): 74.5 ± 0.5
- Envase 150R
 - Peso (g): 10.0 ± 0.6
 - Espesor de pared (mm): 0.5 ± 0.1
 - Altura total (mm): 85 ± 1

- Altura de apilado (mm): 6.5 ± 0.5
- Diámetro de corte (mm): 74.5 ± 0.5
- **Prueba Interna de colapsamiento**
 - Envase 150B
 - Resistencia mínima (bar): 0.38
 - Altura de llenado (mm): 57
 - Envase 150R
 - Resistencia mínima (bar): 0.38
 - Altura de llenado (mm): 66

Dado que se cuenta con datos con una distribución normal, se realiza un análisis de capacidad del proceso. Las figuras 3.19, 3.20, 3.21 y 3.23 muestran el comportamiento del proceso de termoformado y la capacidad para cumplir con las nuevas especificaciones establecidas.

Las figuras 3.22 y 3.24 muestran un antes y después en la variable peso del proceso:

● Variable Espesor de Pared

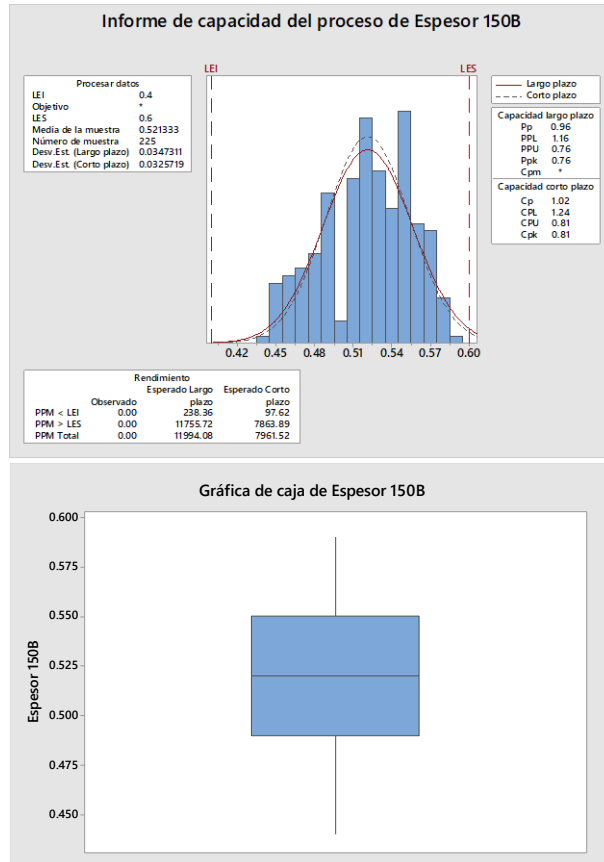


FIGURA 3.19: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE PARED DE ENVASE 150B - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia.

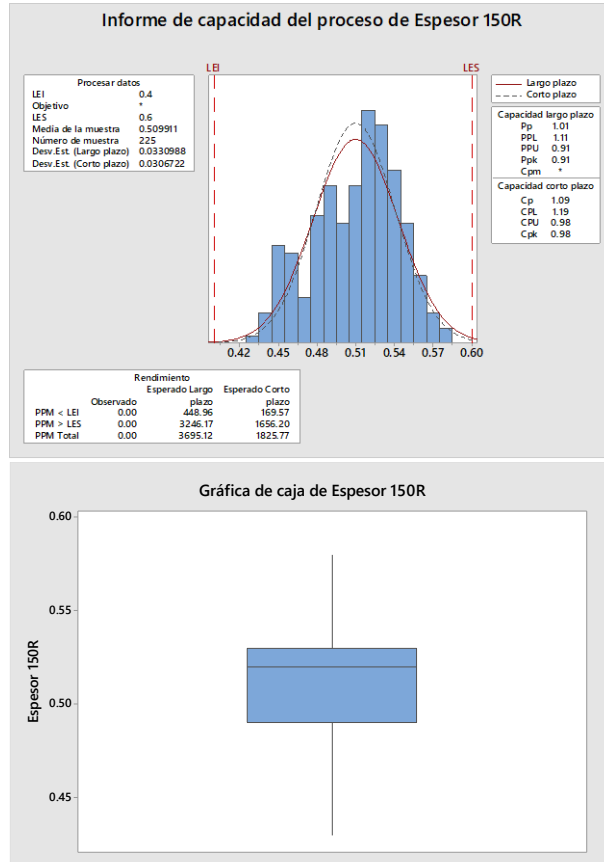


FIGURA 3.20: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE ESPESOR DE PARED DE ENVASE 150R - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia.

● Variable Peso

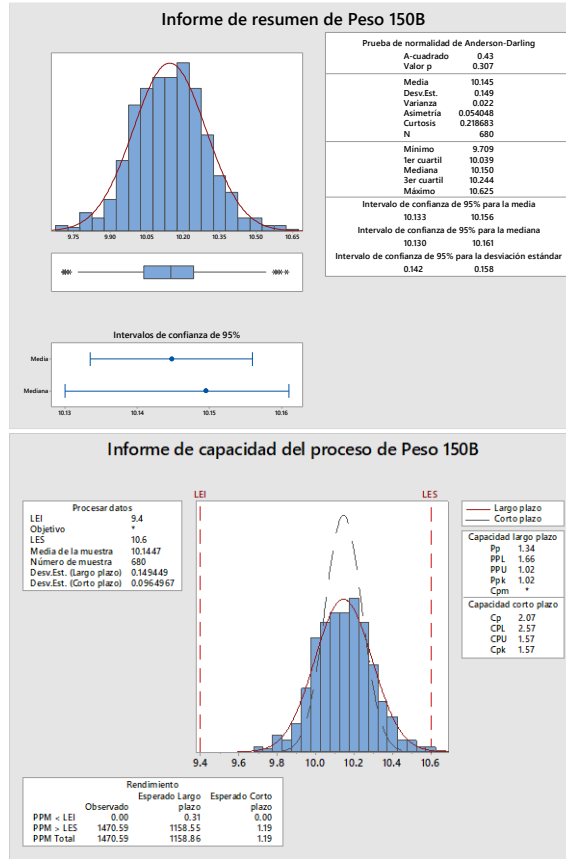
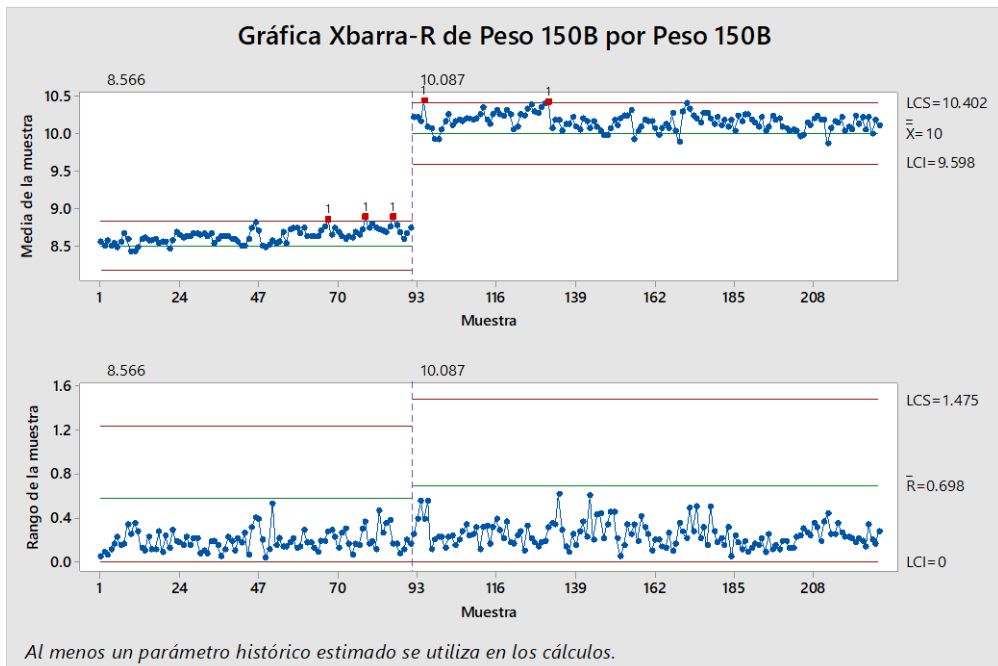


FIGURA 3.21: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150B - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA 3.22: VARIABLE PESO DE ENVASE 150B ANTES VS. DESPUÉS
- SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.**
Fuente: Elaboración propia.

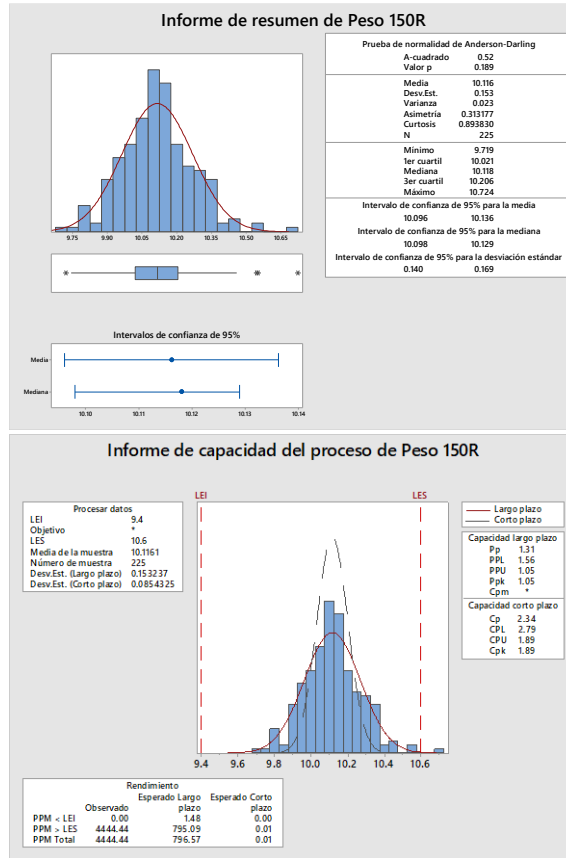


FIGURA 3.23: ESTADÍSTICAS DE LA VARIABLE PESO DE ENVASE 150R - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia.

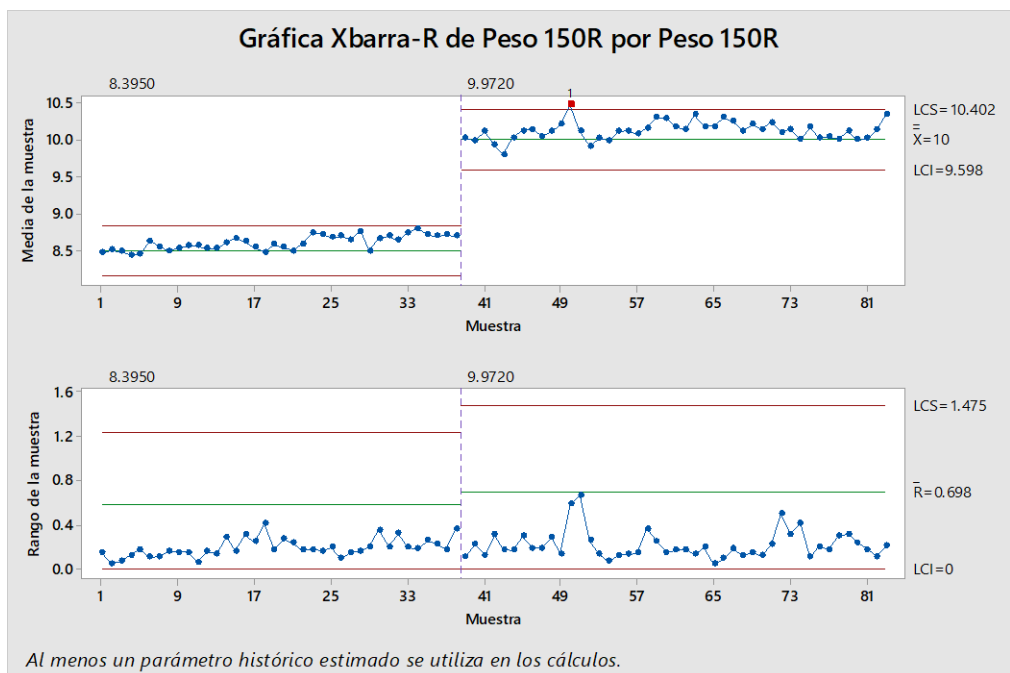


FIGURA 3.24: VARIABLE PESO DE ENVASE 150R ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 3.25 y 3.26 muestran el aumento en la resistencia al colapsamiento de los envases luego de la implementación de las acciones planteadas. Se supera satisfactoriamente el nivel de 0.38 bar requerido para resistir el cambio de altura entre regiones y temperatura de almacenamiento.

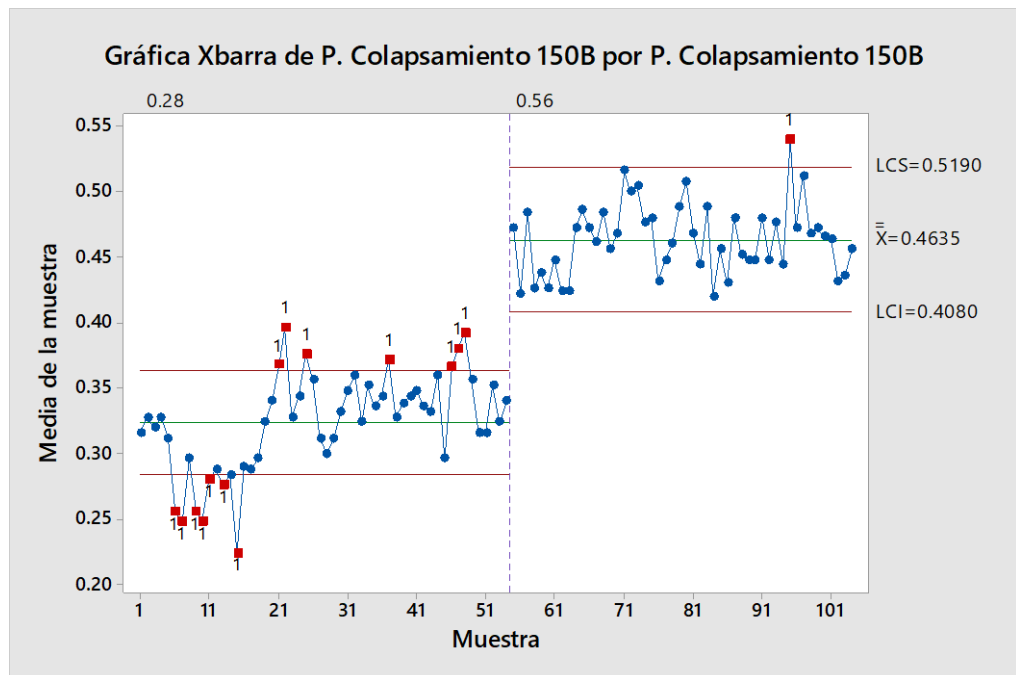


FIGURA 3.25: PRESIÓN DE COLAPSAMIENTO DE ENVASE 150B ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia

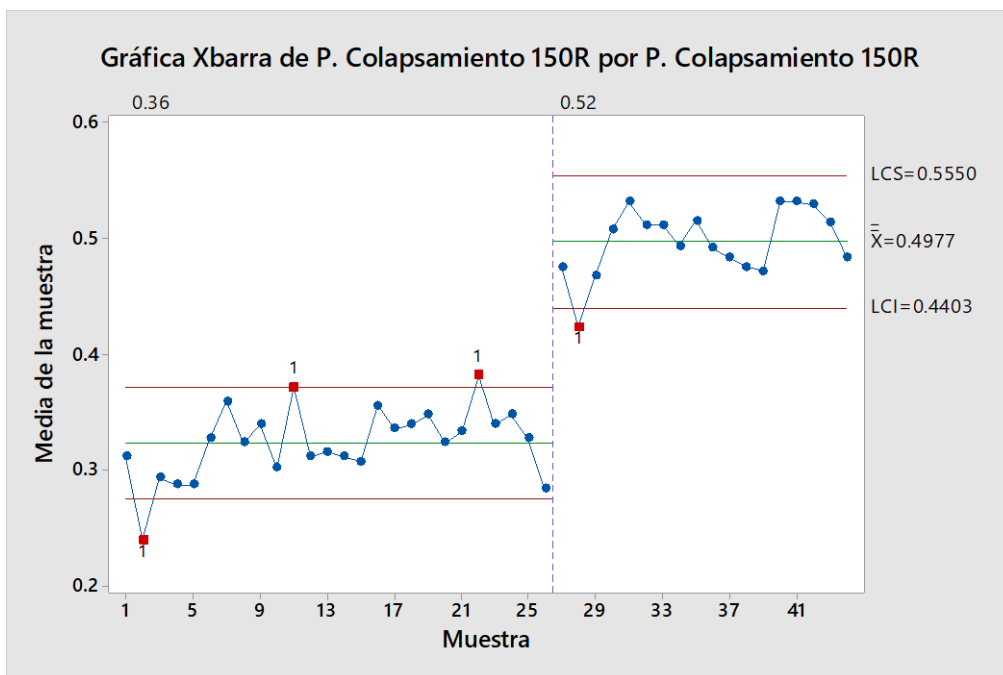


FIGURA 3.26: PRESIÓN DE COLAPSAMIENTO DE ENVASE 150R ANTES VS. DESPUÉS - SOLUCIONES IMPLEMENTADAS.

Fuente: Elaboración propia

Los muestreos realizados en los puntos de distribución indican que el colapsamiento se ha reducido a un 0% en ambos formatos de envases.

TABLA 13
PROPORCIONES DE COLAPSAMIENTO DE ENVASES EN PUNTOS DE VENTA EN GUAYAQUIL.

Formato	% de colapsamiento antes de la implementación	% de colapsamiento después de la implementación
150B	[77.3 - 87.4]	[0.2 - 1.0]
150R	[65.6 - 83.6]	[0.0 - 0.8]

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Controlar

3.5.1. Actualización de proceso de Extrusión

El proceso de extrusión mantendrá dos tipos de controles de proceso:

- Control de Operador: Alimentado por los datos recibidos de la orden de producción que baja las especificaciones directamente desde un sistema transaccional que incluyen formulaciones y especificaciones. Este reporte consiste en un registro de los parámetros principales del proceso de calibración de la máquina extrusora y de la lámina extruida. Ver Anexo 1.
- Control de Inspector de Calidad: Alimentado por los datos medidos por el inspector de calidad que baja las especificaciones desde la base de datos del Departamento de control de calidad. Los datos registrados incluyen las especificaciones principales de la lámina extruida, además de datos de trazabilidad del proceso. Ver Anexo 2.

3.5.2. Actualización de proceso de Termoformado

El proceso de termoformado mantendrá dos tipos de controles de proceso:

- Control de Operador: Alimentado por los datos recibidos de la orden de producción que baja las especificaciones directamente desde un sistema transaccional que incluye el producto en proceso a utilizar. Este reporte consiste en un registro de los parámetros principales del proceso de calibración de la máquina termoformadora y del envase. Ver Anexo 3.
- Control de Inspector de calidad: Alimentado por los datos medidos por el inspector de calidad que baja las especificaciones desde la base de datos del Departamento de control de calidad. Los datos registrados incluyen las especificaciones principales del envase termoformado, además de datos de trazabilidad del proceso. Ver Anexo 4.

3.5.3. Actualización de método de ensayo de colapsamiento

El ensayo de colapsamiento es alimentado por los datos medidos por el inspector de calidad, el cual fija un nuevo límite objetivo para ambos envases: 0.38 bar de resistencia al colapsamiento. Ver Anexo 5.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

La implementación de las soluciones seleccionadas en la etapa Mejorar (sección 3.4.) implicaron el aumento del uso de materia prima para el proceso de extrusión.

TABLA 14
INCREMENTO DE USO DE POLIESTIRENO.

	Masa lineal (g/m)	Incremento de masa (%)
Espesor 1.84 mm	1333.08	17.4%
Espesor 2.16 mm	1564.92	

Fuente: Elaboración propia.

El aumento del uso de material en 17.4 % (Tabla 14) requiere de un incremento en la planificación de compras anual de Poliestireno en una proporción similar.

El proceso de termoformado no se ve afectado por el aumento del peso y diseño en el envase, y mantiene su tasa de producción de envases por minuto.

Las incidencias de reclamos por colapsamiento de envases en puntos de ventas se redujeron a 0. Esto significa que el envase logró superar un defecto de desempeño que era considerado como prioritario en lo que corresponde a imagen para la marca del cliente.

Existe un proceso posterior de etiquetado de envases (Decorado), este no se ve afectado por las modificaciones en los dos formatos de envases (150B y 150R). Se mantienen velocidades de producción y dimensiones de etiquetas termoencogibles (esto implica que no se deben incurrir en costos de cambios de clisés de impresión).

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se consigue una reducción de los porcentajes de colapsamiento en los formatos de envases 150B y 150R, logrando que estos se mantengan en niveles inferiores al 1.5%.

TABLA 15
ENVASES COLAPSADOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.

Formato	% de colapsamiento antes de la implementación	% de colapsamiento después de la implementación
150B	[77.3 - 87.4]	[0.2 - 1.0]
150R	[65.6 - 83.6]	[0.0 - 0.8]

Fuente: Elaboración propia.

A través de la utilización de un diagrama de causa-efecto, se identificaron las causas asignables al problema del colapsamiento del envase, estas causas fueron enmarcadas en categorías de Material, Método, Maquinaria y Medio ambiente. Cada causa fue debidamente verificada a través de herramientas como gráficos de dispersión, estadística descriptiva y planteamiento de contraste de hipótesis. Todo esto en la sección – 3.3. Analizar – de este documento.

Para cada causa verificada se implementaron las acciones correspondientes para solucionar cada hallazgo. En la sección – 3.4. Mejorar – se abarca de manera detallada cada tipo de acción implementada con su respectiva justificación. Las soluciones giraron en torno a modificaciones en el diseño del proceso de extrusión, modificaciones en el diseño del proceso de termoformado, modificaciones en el diseño del envase y determinación de parámetros para un ensayo de colapsamiento interno.

En el desarrollo de los nuevos parámetros para el proceso, las variables son capaces de cumplir con las nuevas especificaciones:

TABLA 16
CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES Y DESPUÉS DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.

Formato	Variable	Cp		Cpk	
		Antes	Después	Antes	Después
150B	Peso del envase	2.04	2.07	1.54	1.57
150R	Peso del envase	2.3	2.34	1.77	1.89

Fuente: Elaboración propia.

Se establecieron parámetros para un ensayo de colapsamiento interno que permitieron simular el comportamiento del envase frente al cambio de altura entre las regiones Sierra y Costa. Los parámetros del ensayo se redujeron a una altura estándar de llenado para cada formato de envase y a una presión objetivo de seguridad que permita la liberación del producto termoformado en planta antes de entregarlo al cliente.

5.2. Recomendaciones

El aumento de espesor de las paredes del envase puede causar un efecto de atascamiento durante el desapilado entre envases. Debe considerarse el aumento de altura de la zona del hombro del envase (Ver Figura 5.1), de esta manera se puede contrarrestar este efecto.

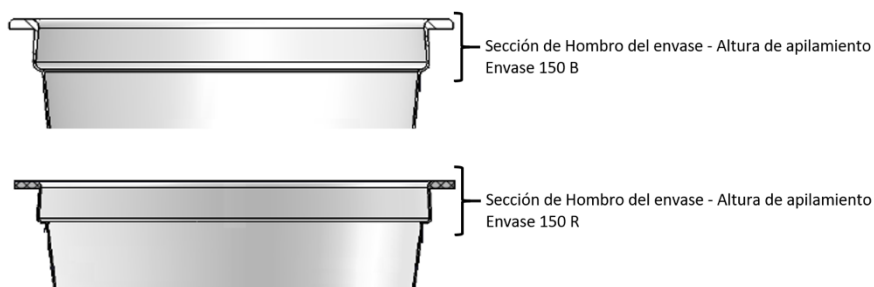


FIGURA 5.1: SECCIÓN DE ENVASES - HOMBRO DE APILAMIENTO.

Fuente: Elaboración propia.

Es posible mantener una resistencia al colapsamiento elevada si se mantiene una lista de materiales con un módulo de flexión superior a 3300 MPa, o con

un nivel de dureza superior a L 110 (dureza Rockwell). Esto puede dar cabida a la reducción del peso del envase y consecuentemente una reducción en el costo de este, sin embargo, se debe tener en consideración la facilidad para el procesamiento de un material con estas características.

BIBLIOGRAFÍA

- BASAK, P., & THAKKAR, J. (2018). Application of DMAIC to Reduce Gas Leakage from Compressor. *Proceedings of 17th IRF International Conference*, (págs. 7-11). New Delhi.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química Undécima Edición*. México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Cornish Álvarez, M. L. (1997). *El ABC de los Plásticos*. México: Universidad Iberoamericana, Departamento de Diseño Industrial, Gráfico y Textil.
- De Oliveira Leite, W., Campos Rubio, J. C., Mata Cabrera, F., Carrasco, A., & Hanafi, I. (2018). *Vacuum Thermoforming Process: An Approach to Modeling and Optimization Using Artificial Neural Networks*. Basel: MDPI.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Guzmán, J. F. (2011). *Manual de plásticos para diseñadores*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- He, Y., Tang, X., & Chang, W. (2009). Technical Decomposition Approach of Critical to Quality Characteristics for Product Design for Six Sigma. *Quality and Reliability Engineering International*, 325-339.
- Instituto Mexicano del Plástico Industrial. (1997). *Enciclopedia del Plástico*. México: Hoechst.
- Krishan, R., & Prasath, A. (2013). Six Sigma Concept and DMAIC Implementation. *International Journal of Business Management & Research*, 111-114.
- Lukitapuri, A. A., & Dachyar, M. (2015). Designing Jewellery Manufacturing Industry Productivity Improvement using DMAIC Method. *International Journal of Applied Engineering Research*, 33836-33841.
- Plastigama de México. (2020). Manual Técnico Termoformado. 4-90.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. Mexico City: McGraw-Hill Companies.
- ROSCACIL, Ind. e comércio de roscas e cilindros Ltda. (7 de Febrero de 2021). Obtenido de <http://www.roscacil.com.br/new/construcao.html>

Savgorodny, V. K. (1978). *Transformación de Plásticos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.

Subirá Conceição, R., Pariz, M. C., Da Silva, V. L., De Genaro Chirolí, D. M., & Velozo Aragão, F. (2019). Lean Six Sigma: Implementation of Improvements to the Industrial Cost Management. *Independent Journal of Management & Production*, 2023-2045.

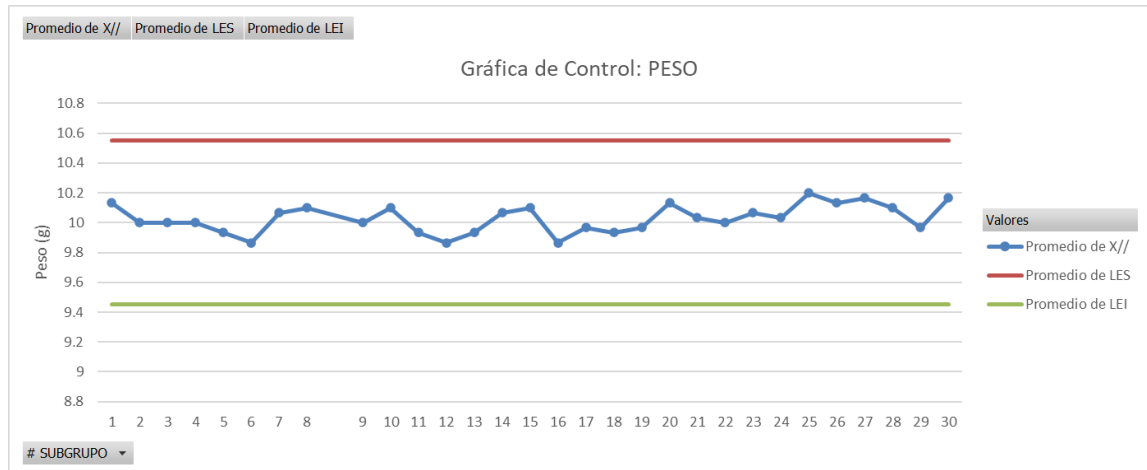
Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria*. México: Pearson Educación.

ANEXOS

Anexo 4

Formato de registro de línea de Termoformado de envases – Control de Calidad.

DATOS MUESTREO											Codigo: 07/CL/PR/02-4					
DATOS-TF		014836				Artículo		Vaso 150 B peso no std 1								
O/P Lote		014768				Código		VAC150B/NS1								
O/P Lote en proceso		5/21/2020				Centro de costo		ILLIG 3								
Fecha		1				Hora de arranque		10:45:00 AM								
Turno		G. VILLEGAS				Hora de fin		4:00:00 PM								
Inspector		P. CHICHANDA				Tamaño de lote liberado		18 CAJAS								
Operador																
OBSERVACIONES REALIZADAS	CUANTITATIVAS					GUARDAR	VARIABLES					INOCUIDAD				
	PESO	DIAMETRO EXTERIOR DE BOCA	ALTURA DEL PRODUCTO	ALTURA DE APILADO	ESPESOR		COLOR	REBABA	ACOPLE/ANILLO DE AJUSTE DEFINIDO (TAPAS)	DEFORMACION DE CUERPO	APILADO/DE SAPILADO	PUNTOS DE CIERRE DEFINIDO	LIBRE DE OLORES EXTRAÑOS	LIBRE CUERPOS EXTRAÑOS E IMPUREZAS		
MEDIA	10.00	74.50	84.30	6.50	0.50											
LES	10.55	75.20	85.10	7.20	0.60	CUMPLE										
LEI	9.45	73.80	83.50	5.80	0.40	NO CUMPLE										
Embalaje	1680															
Hora de Aprobación de Liberación	9:20:00 AM															
Observaciones / Comentarios	n/a															
Scrap de envases (kg)	-															
1	10.5	74.73	84.46	7.1	0.45		1	1	1	1	1	1	1			
2	10.1	74.84	84.39	7.06	0.48		1	1	1	1	1	1	1			
3	9.8	74.68	84.37	7.25	0.43		1	1	1	1	1	1	1			
4	9.9	74.73	84.19	7.58	0.47		1	1	1	1	1	1	1			
5	10.1	74.61	84.25	7.42	0.44		1	1	1	1	1	1	1			
6	10	74.66	84.47	6.95	0.46		1	1	1	1	1	1	1			
7	10.2	74.64	84.36	7.45	0.48		1	1	1	1	1	1	1			
8	9.9	74.68	84.41	7.65	0.5		1	1	1	1	1	1	1			
9	9.9	74.58	84.28	7.46	0.47		1	1	1	1	1	1	1			
10	10	74.73	83.64	7.36	0.45		1	1	1	1	1	1	1			
11	10.1	74.76	84.48	7.49	0.43		1	1	1	1	1	1	1			
12	9.9	74.8	84.51	7.57	0.48		1	1	1	1	1	1	1			
13	9.9	74.56	84.21	7.33	0.5		1	1	1	1	1	1	1			
14	9.9	74.82	84.27	6.84	0.46		1	1	1	1	1	1	1			
15	10	74.71	84.36	7.16	0.45		1	1	1	1	1	1	1			
16	9.8	74.63	84.1	7.23	0.43		1	1	1	1	1	1	1			
17	9.9	74.59	84.31	7.16	0.49		1	1	1	1	1	1	1			
18	9.9	74.73	84.22	7.08	0.45		1	1	1	1	1	1	1			
19	10.3	74.82	83.73	7.14	0.47		1	1	1	1	1	1	1			
20	9.8	74.58	84.34	7.28	0.43		1	1	1	1	1	1	1			
21	10.1	74.65	84.25	7.02	0.44		1	1	1	1	1	1	1			
22	10.2	74.66	83.74	7.18	0.48		1	1	1	1	1	1	1			
23	9.9	74.67	84.02	7.34	0.46		1	1	1	1	1	1	1			
24	10.2	74.61	84.49	7.26	0.49		1	1	1	1	1	1	1			
25	10	74.42	84.52	7.44	0.5		1	1	1	1	1	1	1			
26	9.9	74.63	84.41	7.35	0.48		1	1	1	1	1	1	1			
27	10.1	74.51	84.32	7.16	0.46		1	1	1	1	1	1	1			
28	10						1	1	1	1	1	1	1			



Anexo 5

Formato de registro de colapsamiento de envases – Control de Calidad.

Registro de colapsamiento de envases

Formato			
Fecha			
O/P			
Hora			
	1	2	3
Presión de colapsamiento (bar)			
Espesor (a altura media) (mm)			
Peso (g)			
Cavidad			
Realizado por			

Registrar

Presión de colapso (N/S1) (bar):	0.38
Presión de colapso (bar):	n/d

Registro de colapsamiento de envases

Formato	Fecha	O/P	Hora	Presión de co	Espesor	Peso	Cavidad	Realizado por
Vaso 150 R N/S1	2/27/2020	014079	9:55:00 AM	0.56	0.56	10.4	8	Menoscal Hilario
Vaso 150 R N/S1	2/27/2020	014079	9:55:00 AM	0.48	0.5	9.71	7	Menoscal Hilario
Vaso 150 R N/S1	2/27/2020	014079	9:55:00 AM	0.56	0.5	10.29	6	Menoscal Hilario
Vaso 150 R N/S1	2/26/2020	014075	1:15:00 AM	0.52	0.54	10.04	1	Moreno Juan
Vaso 150 R N/S1	2/26/2020	014075	1:15:00 AM	0.56	0.55	10.44	3	Moreno Juan
Vaso 150 R N/S1	2/26/2020	014075	1:15:00 AM	0.46	0.5	10.23	5	Moreno Juan
Vaso 150 R N/S1	2/11/2020	013903	9:25:00 PM	0.5	0.51	10.11	4	Menoscal Hilario
Vaso 150 R N/S1	2/11/2020	013903	3:45:00 PM	0.48	0.49	10.36	1	Chacon Darwin
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:15:00 PM	0.54	0.56	10.32	4	Moreno Juan
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:15:00 PM	0.54	0.55	10.23	2	Moreno Juan
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:15:00 PM	0.48	0.5	10.46	8	Moreno Juan
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:00:00 AM	0.48	0.46	9.97	5	Menoscal Hilario
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:00:00 AM	0.5	0.5	10.32	3	Menoscal Hilario
Vaso 150 B N/S1	2/26/2020	014040	10:00:00 AM	0.5	0.54	10.12	1	Menoscal Hilario
Vaso 150 B N/S1	2/21/2020	014040	4:00:00 AM	0.52	0.55	10.36	6	Chacon Darwin
Vaso 150 B N/S1	2/21/2020	014040	4:00:00 AM	0.46	0.51	10.24	4	Chacon Darwin
Vaso 150 B N/S1	2/21/2020	014040	4:00:00 AM	0.48	0.49	10.01	2	Chacon Darwin