

59



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:
APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS
EN LA OPERACIÓN DE SELLADO DE PELÍCULAS
DE POLIPROPILENO BIORIENTADO EN LA
INDUSTRIA DE HELADOS**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A:
JORGE OMAR SALINAS HERNÁNDEZ**

ASESOR : ING. ALFREDO ÁLVAREZ CÁRDENAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2007

**TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. Del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en los art. 19 y 20 del Reglamento General de Exámenes, informo a usted que ha sido concluido el Trabajo de Seminario:

Envase y embalaje de alimentos: Aplicación de herramientas estadísticas en la
operación de sellado de películas de polipropileno biorientado en la industria de
helados

que presenta el pasante: Jorge Omar Salinas Hernández
con número de cuenta: 9452213-4 para obtener el título de :
Ingeniero en Alimentos.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de Junio de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>III</u>	<u>Ing. Alfredo Álvarez Cárdenas.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Dr. Jose Luis Arjona Roman.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Fernando Maya Servin.</u>	<u>[Firma]</u>

AGRADECIMIENTOS:

Padre Celestial, gracias por permitirme estar en ésta Tierra, en ésta dispensación y por darme la inteligencia y sabiduría para poder concluir una etapa más.....

Gran parte de éste éxito es tuyo.

A mi Madre, por ser la persona que me impulsó y animó a seguir adelante en todo momento, por sus consejos y regaños..... y lo más importante.. gracias por ser mi amiga.

A mi Padre, aunque ya casi son 26 años de conocernos realmente han sido pocas las oportunidades que tuvimos de convivir y a pesar de esto, me brindaste siempre tu apoyo para poder llevar a cabo ésta logro.

Manuel y Juan Carlos, gracias por ser los hermanos que son, por contar con ustedes todo éste tiempo, por el afecto y amistad del que hemos participado.

Caro, en la vida hay veces que encontramos gente especial como tu, alguien que cambia nuestra vida con solo ser parte de ella, gracias por compartir conmigo casi 6 años los cuales han sido enriquecedores y maravillosos, tienes un lugar muy especial en mi corazón.

Gracias a mis "Mantas", Areli (Yeyi) y Malena (Madalena), Edna (Phillus), por su amistad, apoyo y cariño que me ofrecieron a lo largo de todo éste tiempo..... han llegado a ser las hermanas que Dios me dio poniéndolas en mi camino.

Les agradezco a todos Ustedes más de lo que cualquier palabra puede expresar.

INDICE.

Resumen.

Introducción.	1
Problema.	3
Objetivos.	
1. Generalidades.	
1.1. Definición y proceso elaboración del helado.	5
1.1.1. Proceso de mezclado.	
1.1.2. Proceso de pasteurización.	6
1.1.3. Maduración.	
1.1.4. Nevado.	
1.1.5. Extrusión.	
1.1.6. Envasado.	7
1.1.7. Almacenamiento.	
1.2. Utilización de polímeros en el área de envasado para la industria de alimentos.	9
1.2.1. Polietileno Tereftalato PET.	11
1.2.2. Polietileno.	13
1.2.3. Policloruro de Vinilo PVC.	15
1.2.4. Poliestireno PS.	17
1.2.5. Polipropileno PP.	18
1.2.6. Películas de polipropileno biorientado y la operación de sellado.	20
1.2.7. Interacción envase producto.	24
1.3. Herramientas básicas para la mejora continua de la calidad.	26
1.3.1. Diagrama de Pareto.	
1.3.2. Diagrama causa-efecto de Ishikawa.	27

1.3.3. Histograma.	29
1.3.4. Estratificación.	30
1.3.5. Hojas de verificación.	
1.3.6. Diagrama de dispersión.	
1.3.7. Gráficas de control.	31
1.3.7.1. Gráfica de control por atributos.	32
1.3.7.2. Gráfico de control por variables.	.
1.3.7.3. Interpretación de gráficos de control	35
1) Proceso dentro de control.	
2) Proceso fuera de control.	
3) Anomalías de descontrol en la gráfica.	36
2. Desarrollo Metodológico.	
2.1. Descripción Metodológica.	39
2.2. Cuadro Metodológico.	45
3. Tratamiento de datos y análisis de resultados.	
3.1. Análisis de documentación de mantenimiento a línea piloto.	49
3.1.1. Mantenimiento al sistema eléctrico.	
3.1.2. Mantenimiento al sistema mecánico.	
3.1.3. Mantenimiento al sistema de enfriamiento.	
3.1.4. Mantenimiento al sistema de dosificación de helado.	
3.2. Evaluación de materias primas empleadas en la elaboración del producto.	50
3.2.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo Logo.	
3.2.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich.	
3.2.3. Base para helado sabor vainilla.	
3.3. Análisis de la línea antes del arranque de la prueba.	51
3.4. Recopilación de datos obtenidos a partir de la prueba en la línea piloto.	54
3.5. Análisis de la línea piloto después de la prueba.	55

3.6. Estudio de Diagrama de Pareto en tarjetas.	57
3.7. Análisis del Diagrama Causa-Efecto.	63
3.7.1. Mano de obra.	64
3.7.2. Materiales.	65
3.7.3. Método.	
3.7.4. Medio ambiente.	66
3.7.5. Maquinaria.	
3.7.6. Medición.	
3.8. Análisis de Histogramas.	67
3.9. Análisis de gráficos de control, capacidad potencial de proceso y habilidad de proceso.	73
3.10. Estudio y aplicación de las soluciones y mejoras a implementar.	76
3.11. Análisis de materias primas empleadas en la elaboración del producto.	79
3.11.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo Logo.	
3.11.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich.	
3.11.3. Base para helado sabor vainilla.	
3.12. Recopilación de datos obtenidos a partir de la prueba en la línea piloto.	80
3.13. Análisis de Histogramas.	81
3.14. Análisis de gráficos de control, capacidad potencial de proceso y habilidad de proceso.	86
3.15. Análisis de frecuencia de producto fuera de especificación.	94
3.16. Análisis de las desviaciones estándar.	95
3.17. Análisis de capacidades y habilidades de proceso.	
Conclusiones.	97
Bibliografía.	102

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Comparación entre el polipropileno no orientado y el orientado.	22
Cuadro 2. Gráficos de control por variables.	34
Cuadro 3. Valores de las constantes para gráficos de control por variables.	35
Cuadro 4. Cuadro metodológico.	45
Cuadro 5. Distribución de tarjetas.	59
Cuadro 6. Distribución de defectos para tarjetas azules.	60
Cuadro 7. Distribución de defectos para tarjetas rojas.	61
Cuadro 8. Distribución de defectos para tarjetas amarillas.	62
Cuadro 9. Especificaciones de temperatura de sellado.	67
Cuadro 10. Datos recabados para el sellado transversal.	68
Cuadro 11. Resultados calculados para el sellado transversal.	68
Cuadro 12. Límites de clase para el sellado transversal.	69
Cuadro 13. Datos recabados para el sellado longitudinal.	70

Cuadro 14. Resultados calculados para el sellado longitudinal.	71
Cuadro 15. Límites de clase para el sellado longitudinal.	71
Cuadro 16. Resultados de Cp y Cpk.	76
Cuadro 17. Especificaciones de temperatura de sellado.	81
Cuadro 18. Datos recabados para el sellado transversal.	81
Cuadro 19. Resultados calculados para el sellado transversal.	82
Cuadro 20. Límites de clase para el sellado transversal.	82
Cuadro 21. Datos recabados para el sellado longitudinal.	84
Cuadro 22. Resultados calculados para el sellado longitudinal.	84
Cuadro 23. Límites de clase para el sellado longitudinal.	85
Cuadro 24. Resultados para el Cp y Cpk.	94
Cuadro 25. Frecuencia de producto fuera de especificación.	94
Cuadro 26. Comparación de resultados estadísticos.	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del producto.	7
Figura 2. Orientación del polipropileno.	24
Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Pareto.	27
Figura 4. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.	28
Figura 5. Ejemplo de Histograma.	29
Figura 6. Sistema eléctrico de línea piloto.	52
Figura 7. Sistema mecánico de línea piloto.	52
Figura 8. Sistema enfriamiento de línea piloto.	53
Figura 9. Dosificación de helado de la línea piloto.	53
Figura 10. Hoja de verificación utilizada en la primer corrida de prueba.	54
Figura 11. Sistema eléctrico de línea piloto.	55
Figura 12. Sistema eléctrico de línea piloto.	55
Figura 13. Sistema mecánico de línea piloto.	56
Figura 14. Sistema enfriamiento de línea piloto.	56

Figura 15. Sistema de dosificación de helado de línea piloto.	57
Figura 16. Formato para tarjetas.	58
Figura 17. Diagrama de Pareto para tarjetas.	59
Figura 18. Diagrama de Pareto para tarjetas azules.	60
Figura 19. Diagrama de Pareto para tarjetas rojas.	61
Figura 20. Diagrama de Pareto para tarjetas amarillas.	62
Figura 21. Diagrama causa-efecto.	63
Figura 22. Histograma para el sellado transversal.	69
Figura 23. Histograma para el sellado longitudinal.	72
Figura 24. Gráfico de control de medias para el sellado transversal.	73
Figura 25. Gráfico de control de rangos para el sellado transversal.	74
Figura 26. Gráfico de control de medias para el sellado longitudinal.	74
Figura 27. Gráfico de control de rangos para el sellado longitudinal.	75

Figura 28. Hoja de verificación utilizada en la segunda corrida de prueba.	80
Figura 29. Histograma para el sellado transversal	83
Figura 30. Histograma para el sellado longitudinal.	85
Figura 31. Gráfico de control de medias para el sellado transversal.	86
Figura 32. Gráfico de control de rangos para el sellado transversal.	87
Figura 33. Gráfico de control para medias para el sellado longitudinal.	88
Figura 34. Gráfico de control de rangos para el sellado longitudinal.	89
Figura 35. Gráfico de control para medias con datos de 1ª. 2ª. Sello transversal.	90
Figura 36. Gráfico de control para rangos con datos de 1ª. 2ª. Sello transversal.	91
Figura 37. Gráfico de control para medias con datos de 1ª. 2ª. Sello longitudinal.	92
Figura 37. Gráfico de control para rangos con datos de 1ª. 2ª. Sello longitudinal.	93

INTRODUCCIÓN.

El hombre en su afán de mantener las características de los diferentes productos para su posterior consumo y utilización ha hecho uso de variadas tecnologías de envasado, hoy en día a raíz del avance tecnológico y la globalización de los mercados ha permitido el lanzamiento de diferentes materiales de envasado buscando todos ellos asegurar la integridad y calidad de la amplia gama de productos destinados a ser envasados.

En el área de alimentos el uso del envase no es la excepción pues día a día se está buscando el envase idóneo para con el tipo de alimento a envasar, permitiendo que el consumidor final pueda acceder y disfrutar plenamente de cada una de las características que el alimento tiene. Un pilar definitivo que influye y que nunca hay que soslayar son las necesidades del cliente las cuales marcan y dan pauta a nuevas tendencias, formas y geometrías empleadas en el diseño de un envase, es por ésta razón que un diseño innovador no es solamente una cuestión de forma sino el resultado de continuas investigaciones que hacen posible otorgar al envase una imagen sobresaliente y compacta, una forma ergonómica que facilita el manipuleo.

En el área de productos alimenticios congelados específicamente en la industria de helados la selección del envase está en función de las características del producto y las condiciones en las cuales va a ser manejado, las variables que se desprenden son básicamente la permeabilidad al vapor de agua, las temperaturas de sellado, almacenaje y distribución; condiciones que deben ser tomadas en cuenta para asegurar la calidad del producto al momento de ser consumido por el cliente final.

En el proceso de manufactura una operación que puede llevar al fracaso el proceso de elaboración de cualquier producto es el envasado, pues en caso de presentarse una deficiencia o falla se pone en riesgo la integridad del producto pudiéndose sufrir un detrimento de la calidad del producto repercutiendo en

perdidas para la compañía. Es por tal motivo que los directores o gerentes de empresas de manufactura y servicio manejan un asunto muy crítico: la productividad, el costo de las operaciones y la calidad de todos los bienes y servicios que se producen; de esos tres determinantes: productividad, costo y calidad, ésta última puede ser el factor más importante para determinar el éxito a largo plazo o el fracaso de cualquier empresa. Por esto en el presente trabajo se hace el estudio y análisis de las causas que originan un sellado fuera de especificación en películas de polipropileno biorientado, material empleado como envase primario en la industria de helados, para posteriormente generar e implementar las medidas correctivas, y finalmente se realiza una comparación para ver la repercusión que tuvieron las mejoras implantadas en la disminución de producto fuera de especificación.

PROBLEMA.

El problema que se aborda es sobre la detección, análisis y propuestas de solución para las causas que originan producto con un sellado deficiente en el envase primario de una línea de producción, la cual elabora como producto un sándwich de helado congelado, el producto que presenta dicha situación fuera de especificaciones desafortunadamente no puede ser recuperado para un posterior reproceso a consecuencias del mismo proceso, por tal motivo la operación de envasado es considerada un cuello de botella que incrementa la frecuencia de producto defectivo, repercutiendo ésta operación directamente en pérdidas económica para los intereses de la compañía.

OBJETIVO GENERAL.

Disminuir la frecuencia de producto fuera de especificación relacionado con el sistema, condiciones y método de envasado a través de una metodología estadística propuesta.

OBJETIVOS PARTICULARES.

OBJETIVO PARTICULAR 1: Elaborar una metodología para determinar las causas que suscitan la formación de producto fuera de especificación relacionado con la operación de sellado en la línea piloto, auxiliándose de algunas de las herramientas estadísticas básicas para la mejora de la calidad.

OBJETIVO PARTICULAR 2: Implementar y llevar a cabo las mejoras y propuestas haciendo una evaluación de las mismas y la repercusión que tienen en la frecuencia de producto fuera de especificación, auxiliándose del empleo de herramientas estadísticas básicas para la mejora de la calidad.

OBJETIVO PARTICULAR 3: Contrastar la frecuencia de producto fuera de especificación, desviación estándar, habilidad del proceso, capacidad del proceso, antes y después de las mejoras y soluciones propuestas en las áreas de oportunidad detectadas.

1. GENERALIDADES.

1.1. Definición y proceso de elaboración del helado.

El helado de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-036-SSA1-1993, Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados, presenta la siguiente definición: Helado, alimento producido mediante la congelación con o sin agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos pudiendo contener grasas vegetales, frutas, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes y otros aditivos alimentarios. Cuando su presentación sea empalillada su denominación será "paleta". Quedan comprendidos los siguientes: Helado de crema, Helado de leche, Sorbete, Helado de crema vegetal, Helado de grasa vegetal y Sorbete de grasa vegetal.

Es necesario para el presente trabajo describir secuencialmente las operaciones efectuadas para la elaboración del helado:

1.1.1. Proceso de mezclado:

Consiste en preparar la base para el helado a partir de los ingredientes, los cuales son adicionados en forma ya establecida pues de ello dependen las características finales de la mezcla. Primeramente se adiciona el agua para iniciar la agitación efectiva y dispersar a los otros ingredientes. Seguidamente son agregados los emulsificantes y estabilizantes los cuales tardan un tiempo mayor en disolverse. Posteriormente son adicionados los edulcorantes y la leche en polvo, una vez disueltos se adiciona el jarabe de maíz, el suero de leche en polvo, para ser adicionados finalmente la grasa vegetal y los colorantes y saborizantes.

1.1.2. Proceso de pasteurización:

Una vez elaborada la base para el helado, esta es sometida al proceso de pasteurización a una temperatura de 83°C durante 25 segundos, posteriormente es homogenizada y enfriada hasta una temperatura de 4°C.

1.1.3. Maduración:

La mezcla es almacenada en tanques refrigerados a una temperatura menor de 4°C con agitación, con el objetivo de que la mezcla se estabilice y homogenice, para que no exista una separación de fases (agua y grasa). El tiempo de residencia debe ser entre 2 y 4 horas.

1.1.4. Proceso de nevado:

Una vez que la mezcla ya cumplió con el tiempo de maduración necesario es bombeado a la máquina encargada de la operación de nevado, el proceso de nevado involucra la incorporación de aire y disminución de la temperatura de la mezcla hasta los -5°C, conllevando a que las partículas de grasa se adhieran a la superficie de las burbujas de aire y comiencen a rodearlas permitiendo el incremento del volumen final, mientras que el resto de los demás ingredientes que conforman la mezcla empiezan a congelarse.

Existen diferentes formas de dosificar el producto una vez realizada la operación de nevado, para éste caso en particular se trata de un producto extruido y por tal motivo se mencionan las operaciones que intervienen en éste tipo de elaboración de producto.

1.1.6. Extrusión:

La extrusión es un proceso de elaboración el cual consiste en dosificar el helado a una temperatura de -5°C para el caso particular de éste producto se hace sobre una galleta para inmediatamente ser colocada en su superficie otra, a consecuencia de la temperatura que se tiene del helado en ese momento es necesario disminuir la temperatura del producto hasta alcanzar una temperatura

inferior a -18°C , mediante el empleo de túneles de enfriamiento usando nitrógeno para dicho fin.

1.1.6. Envasado:

Una vez el producto congelado a una temperatura inferior a los -18°C , es colocado en la envasadora y es envasado siendo utilizada una película de polipropileno biorientado como envase primario, el envase del producto consiste en la formación de una bolsa con dos sellos (longitudinal y transversal) utilizándose dos mordazas con cautines integrados para lograr sellar y cortar cada envase de manera individual manejándose temperatura de sellado entre los 125°C a los 130°C . El producto ya sellado es colocado en el envase secundario empleándose cajas de cartón corrugado para su manejo y posterior estibamiento.

1.1.7. Almacenamiento:

El producto es dispuesto sobre una tarima para el armado del pallet el cual es estibado en el almacén a condiciones de temperatura inferiores a -24°C con un tiempo mínimo de 24 horas de estancia en el interior del almacén para ser liberado en función los parámetros de microbiología. A continuación se presenta en la figura 1, donde se esquematizan las operaciones que se involucran en la elaboración del producto:

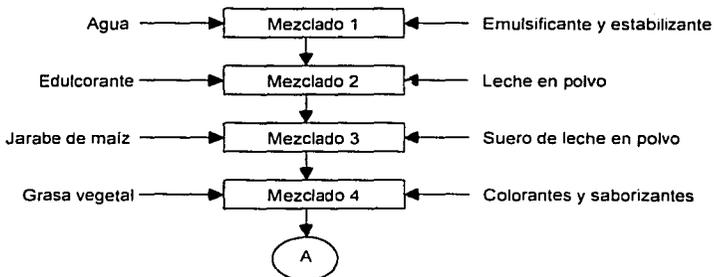


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del producto.

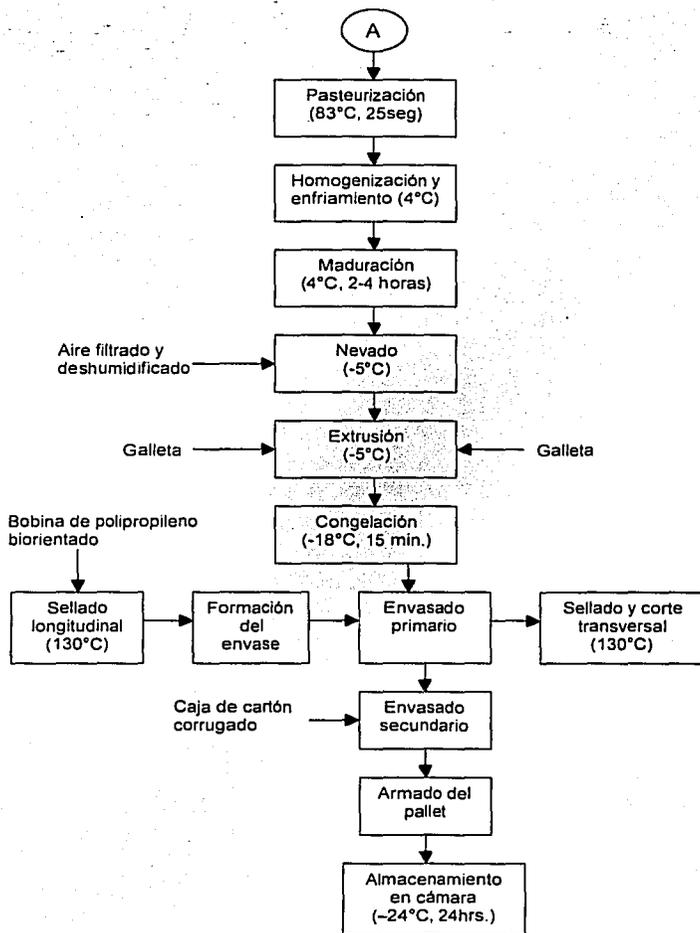


Figura 1 continuación. Diagrama de flujo para la elaboración del producto.

1.2. Utilización de polímeros en el área de envasado para la industria de alimentos.

En los últimos 40 años el envase de plástico ha ido cambiando nuestros hábitos de compra, reduciendo daños, desperdicios y respondiendo a las exigencias de protección, conservación y presentación, gracias a sus reconocidas virtudes: ambientalmente amigables, pudiendo después de su uso reutilizarse, reciclarse o convertirse por incineración en energía (con más poder calórico que el carbón); durables y prácticamente irrompibles pues los hay livianos y flexibles; higiénicos y seguros ya que impiden la contaminación y dispersión de gérmenes; y finalmente económicamente efectivos, por su menor costo de manufacturación. *(Ferrante, 1998. Izquierdo, 1999, Martín, 1999)*

Aproximadamente el 40% del plástico que se produce se destina al área de envasado. En Europa, el 50% de los alimentos se envasa con este material que ayuda a conservarlos frescos por más tiempo, eliminando o disminuyendo la necesidad de aditivos y conservadores artificiales, al tiempo que preserva su valor nutritivo y lo protege de las bacterias. El envase plástico promedio es ahora hasta 80% más liviano que hace veinte años, y es prueba de los importantes avances tecnológicos, ya que hoy en día el 60% de los envases plásticos pesa menos de 10 gramos por unidad a pesar del gran volumen de producto que cubren. *(Mercado, 1999. Plastivida, 2001)*

Los envases plásticos impiden el deterioro de los alimentos pues en investigaciones recientes aplicado a países industrializados donde se usan extensivamente demostraron que sólo el 2% de los alimentos se desperdician antes de llegar al consumidor, pues gracias a su gran diversidad y características dentro de las cuales figuran: formas, tamaños, resistencia a temperaturas, ser una barrera a la humedad efectiva, oxígeno y otros gases, así como a la luz, permiten tener un mínimo de pérdidas. Este nivel de deterioro aumenta al 50% en países en desarrollo donde los sistemas de envase,

refrigeración y distribución han evolucionado menos. *(Byrne, 1999)*

Con bajo costo, con ahorro de tiempo, trabajo y gastos de operación en su fabricación y uso, la industria del envase plástico provee productos rígidos o flexibles y una infinita variedad de diseños a medida, higiénicos, durables y seguros, transparentes si la intención es ver el contenido sin tocar el producto o en variedad de colores si se quiere atraer la atención; en general se pretende una máxima protección con mínimo de material utilizado. *(Palacios, 1999)*

Todos disfrutamos de la conveniencia de los envases plásticos modernos. Los fabricantes tienen también conciencia de los beneficios intrínsecos de los mismos: su durabilidad, poco peso, flexibilidad, efectividad económica, su reciclabilidad cada vez mayor y su impacto ambiental en general favorable. La industria plástica en su totalidad está comprometida a cuidar los recursos naturales y optimizar la recuperación de los residuos de envases plásticos, desde la reducción en la fuente hasta la reutilización y la recuperación a través del reciclado y la incineración segura y limpia para generar energía. En la actualidad en Argentina ya se recupera más del 22% de todos los residuos plásticos, y casi el 23% de todos los residuos de envases plásticos en particular, y esta proporción continuará aumentando con el tiempo a medida que la industria desarrolle su contribución a la sociedad para la resolución del problema de los residuos. *(Plastivida, 2001)*

La reutilización de los envases plásticos es una de las opciones, cuando las condiciones locales la hacen ambiental y comercialmente atractiva; hay sistemas de envases específicamente diseñados para la reutilización. El reciclado, químico o mecánico, es otra de las opciones que está en pleno desarrollo: el 7% de los residuos plásticos se está reciclando en Europa, cifra que se incrementa año tras año. También se procede a la recuperación de energía mediante la incineración: 15% de los residuos plásticos en este caso.

1.2.1. Polietileno Tereftalato PET.

El Polietileno Tereftalato es obtenido a partir de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de Polietileno Tereftalato está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol. El Polietileno Tereftalato se hace combinando el ácido tereftálico y el etilenglicol por policondensación; existen dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos. *(Rodríguez, 1997)*

El uso del Polietileno Tereftalato tiene gran aplicación en diversas áreas de la industria siendo utilizado como:

Fibra: En la industria textil el Polietileno Tereftalato es utilizado ampliamente como una fibra recibiendo el nombre común de poliéster, teniendo múltiples aplicaciones por ejemplo. *(Rodríguez, 1998)*

- Alfombra
- Ropa
- Telas para decoración (cortinados, ropa de cama, tapicería, etc.)

Película: Por su resistencia al rasgado y a productos químicos es utilizado en la industria de la fotografía, video, audio y rayos X. *(Plastivida 2001)*

- Placas para radiografías
- Cintas de video y audio
- Placas fotográficas

Envasado: Este material es ampliamente utilizado para infinidad de productos aunque una condicionante para su uso es la temperatura de envasado, la cual

no debe ser mayor a 60°C (ya que a ésta temperatura se deforma fácilmente) aunque se tiene otra alternativa: el Polietileno Tereftalato cristalizado, el cual soporta temperaturas de llenado hasta los 85°C, tiene la propiedad de ser una excelente barrera a los gases (evitando la entrada del oxígeno para el deterioro de compuestos ó para mantener atmósferas modificadas en el interior del envase al ser utilizado el nitrógeno). Algunas de las aplicaciones de éstos materiales en la industria son (*Rodriguez, 1998*):

- Bebidas (gaseosas, agua mineral, jugos, aceites, etc.)
- Comidas (frascos varios, mayonesas, salsas, etc.)
- Laminados
- Perfumería y cosméticos
- Productos para el hogar
- Licores
- Productos farmacéuticos

En la industria de alimentos es ampliamente usado por sus características, dentro de las cuales figuran:

- Barrera a los gases, baja permeabilidad
- Transparente
- Irrompible
- Liviano
- Impermeable
- No tóxico
- Inerte (al contenido)

1.2.2. Polietileno.

Dentro de los polímeros, el polietileno presenta la fórmula química más simple, constituida únicamente por carbono e hidrógeno. Se produce a partir de la polimerización del etileno que es un derivado del petróleo o del gas natural. El etileno es un gas que es sometido en un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del plástico. (*Palacios, 1999*)

Existen distintas variedades del polietileno dependiendo de su aplicación final, pero dos son las formas más conocidas en el mundo: el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el Polietileno de Baja Densidad (PEBD).

El polietileno de baja densidad es un material flexible, inerte, de bajo peso es decir liviano, con buena resistencia a los productos químicos, no se rompe con los impactos, puede estar en contacto con los alimentos y no permite el paso de agua a través de él, es un material blando y translúcido, con resistencia a la elongación, tiene buena tenacidad. En película se presenta con buena transparencia y alta resistencia a la elongación, buena barrera a humedad y muy pobre barrera a gases. (*Byrne, 1999*)

El uso del polietileno de baja densidad tiene gran aplicación en diversas áreas de la industria principalmente por su bajo costo de obtención es principalmente utilizado como (*Plastivida, 2001. Rodríguez, 1998*):

- Fabricación de bolsas de plástico para uso en general.
- Botellas para líquidos (bebidas infantiles).
- Películas termoencogibles.
- Cables eléctricos, conduit.
- Contenedores herméticos.

De manera general las características del Polietileno de Baja Densidad son:

- No tóxico
- Flexible
- Liviano
- Transparente
- Inerte (al contenido)
- Impermeable
- Económico

El polietileno de alta densidad, éste tipo de polietileno también es obtenido a partir del gas etileno pero a diferencia del de baja densidad es polimerizado a baja presión con catalizadores de Ziegler-Natta. La presentación comercial es en forma de gránulos blancos translucidos y también en forma de polvo cuando se emplea para moldeo rotacional. A diferencia del polietileno de baja densidad éste presenta una mayor rigidez, dureza, mejor resistencia a todos los productos químicos mejor resistencia a la temperatura, barrera de vapor de agua y también puede estar en contacto con alimentos pues es inerte. El aumento de la densidad hace que disminuya su resistencia al impacto, sobre todo a bajas temperaturas, y en caso de películas disminuyen la elongación, la transparencia, se vuelve más rígido y es altamente rasgable.

Los usos principales del polietileno de alta densidad son los siguientes:

- Elaboración de botellas por proceso de extrusión empleadas en diferentes ámbitos (productos alimenticios, productos farmacéuticos, productos para el cuidado personal, etc.).
- Todo tipo de contenedores industriales.
- Artículos domésticos (cubetas, tinas, platos, vasos).
- Tubería destinada para uso en cañerías.

De manera general las características del Polietileno de alta densidad son:

- Resistente a las bajas temperaturas.
- Irrompible.
- Liviano.
- Impermeable.
- Inerte (al contenido).
- No tóxico.

1.2.3. Policloruro de Vinilo PVC.

El PVC (policloruro de vinilo) está compuesto de los siguientes elementos: cloro (derivado de la sal común) en un 57 % y etileno (derivado del petróleo) en un 43 %. El compuesto resultante, dicloro etano, se convierte a altas temperaturas en el gas cloruro de vinilo (CVM). A través de una reacción química conocida como polimerización, el CVM se transforma en un polvo blanco, fino y químicamente inerte: la resina de PVC. El PVC o cloruro de Polivinilo, tiene la capacidad de modificar sus propiedades con la adición de varios productos químicos conocidos como aditivos, de aquí que se tengan tres categorías: flexible, rígido y plastisol. Se dice que es un PVC flexible cuando a una resina de PVC obtenida a partir de una polimerización en masa o en suspensión es mezclada con plastificantes, es decir, aceites que proporcionan flexibilidad al producto. La diferencia que existe con respecto al PVC flexible del rígido es que se evita la adición de plastificantes (*Rodríguez, 1997*).

Las propiedades del cloruro polivinilo flexible es que presenta una superficie brillante, facilidad a la pigmentación con una amplia gama de colores, presenta una alta resistencia al impacto, elongación y tensión, así mismo presenta altas características de aislamiento eléctrico y tiene poder de auto extinguirse cuando es incendiado. Presenta buena resistencia química a los ácidos, bases y solventes orgánicos, puede ser empleado en contacto con alimentos siempre y

cuando los aditivos empleados no sean tóxicos, así mismo puede ser espumado para reducir cantidad de materia prima y peso, consiguiendo también un mayor aislamiento térmico y eléctrico. Generalmente el cloruro polivinilo flexible es cargado con carbonato de calcio para reducir costos e impartir rigidez *(Plastivida, 2001. Yanun 1998)*

Las propiedades del cloruro polivinilo rígido es que tiene una buena dureza, presenta una buena resistencia ala tensión y flexión, sin embargo, su resistencia al impacto es baja por lo que se usa un modificador de impacto para incrementarla. La resistencia química a los ácidos, bases y solventes químicos es alta y solamente se ve afectada por productos oxidantes como el ácido nítrico.

Las aplicaciones del cloruro polivinilo son variadas y diversas, en el caso del tipo flexible es utilizado como bolsas, películas de envoltura de carnes, alimentos y empaque flexible. Es empleado como suelas de zapato tenis, recubrimientos de alambre y cable, siendo utilizado en la fabricación de telas vinílicas para tapicería y confección. En el caso del cloruro polivinilo rígido es empleado en la fabricación de botellas bioorientándolo para mejorar sus características de barrera de los gases, siendo utilizando en el envasado de diversos productos (botellas de aceite comestible, shampoo, jugo, vinagre, agua mineral, productos de limpieza). Se puede elaborar láminas de cloruro polivinilo para hacer empaques burbuja y la película rígida es usada para sellos y envolturas termoencogibles. Si se pretende disminuir su rigidez es copolimerizado con acetato de vinilo para el caso de la elaboración de discos fonográficos. *(Séller. 1999)*

De manera general se enlistan las características del cloruro de polivinilo.

- Liviano.
- Ignífugo.
- Resistente a la intemperie y a la corrosión.

- Transparente.
- Inerte (al contenido).
- Buenas propiedades de permeabilidad.
- Buena resistencia al impacto.

1.2.4. Poliestireno PS.

El poliestireno, como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos (petróleo crudo o gas natural). Primero se produce el monómero de estireno a partir del benceno y del etileno. El monómero de estireno es posteriormente polimerizado para obtener el poliestireno. Actualmente, casi todo el poliestireno que se produce se fabrica por medio de procesos de polimerización en masa continua, que a grandes rasgos puede dividirse en dos etapas: etapa de reacción en uno o más reactores, donde se polimeriza el monómero y etapa de devolatilización, donde se separa el polímero obtenido del monómero no reaccionado y/o solventes utilizados. Por último, el polímero fundido es bombeado a través de una matriz para obtener hebras que son enfriadas y cortadas en grumos. (*Plastivida, 2001. Rodríguez M, 1998*)

Existen dos tipos principales de poliestireno:

Poliestirenos cristal, llamados poliestirenos de uso general o GPPS, que son plásticos con una elevada transparencia y brillo superficial, comercialmente se surte en gránulos y pigmentados en diversos colores y grados. A causa de su elevado índice de fluidez es posible moldear piezas de paredes delgadas y de gran complejidad con altos ciclos de producción, es uno de los plásticos que ofrece las mejores características para el termoformado de piezas a partir de lámina extruida, sin embargo presenta una baja resistencia al impacto que ocasiona que el material tienda a ser muy frágil y quebradizo, presenta un cambio de tonalidad adquiriendo una coloración amarilla. A consecuencia de

sus múltiples aplicaciones en diversos sectores ocupa el cuarto lugar del consumo global de plásticos en el mundo. (*Plastivida, 2001. Martín, 1999*)

Las aplicaciones son variadas que van desde la fabricación de envases rígidos por ejemplo: vasos para gelatina, lácteos y en general productos con alta rotación, por otro lado es también utilizado en la elaboración de vajillas desechables, así mismo es utilizado ampliamente en diferentes áreas como la fabricación de cajas de cintas de audio, juegos de geometría Su óptima estabilidad dimensional, rigidez son algunas de las razones por las que este material es habitualmente elegido para envases de alimentos, ya que permite conservarlos frescos y con muy buen aspecto por más tiempo y disminuir el uso de conservantes. (*Rodríguez, 1997, 1998*)

Poliestirenos de alto impacto: se obtiene al copolimerizar el poliestireno con una cantidad del 4.5% al 9% con hule butadieno, esto ocasiona que se obtenga un material opaco con una elevada resistencia al impacto que por tener partículas de caucho ocluidas, son translúcidos y resistentes al impacto, por otro lado también ayuda a que tenga buena retención de propiedades debajo de cero grados centígrados. (*Rodríguez, 1998*)

Las aplicaciones son diversas utilizándose en cubiertas internas, charolas y cajones de refrigeradores. Por su buena resistencia al impacto y propiedades dieléctricas encuentra aplicación en carcasas de aparatos electrodomésticos, televisores y radios.

1.2.5. Polipropileno PP.

El polipropileno es un termoplástico perteneciente a la familia de las poliolefinas que se obtiene por polimerización del propileno. El polipropileno es el termoplástico de más baja densidad, es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química, al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus

propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería incrementando sus propiedades mecánicas. Su presentación comercial es en forma de gránulos blancos translúcidos y con apariencia cerosa, es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado. Los productos fabricados son translúcidos y en el caso de las películas son altamente transparentes y brillantes, puede colorearse en cualquier tono y tiene la capacidad de ser metalizado (Rodríguez, 1997. *Plastívica*, 2001, Vázquez, 1997)

Las características fundamentales que han contribuido al rápido crecimiento y amplia aceptación del polipropileno son:

- Óptima relación entre rigidez y peso específico, lo que permite el diseño de piezas adecuadamente resistentes con un mínimo requerimiento de material.
- Alta transparencia y brillo que lo hace especialmente apto para aplicaciones de envasado, ya sea rígido o flexible.
- Alta resistencia química, lo cual anula la posibilidad de contaminación de las sustancias en contacto con la pieza.
- Resistencia a altas temperaturas, permitiendo el llenado en caliente para el caso de envases.
- Aptitud de ser compuesto con otras sustancias (cargas minerales, fibra de vidrio, etcétera) lo que le confiere propiedades competitivas con materiales más costosos.
- Propiedades de barrera, lo que genera mayor protección en el envasado de alimentos, sobre todo en el caso de películas biorientadas.

De manera general las características del Polipropileno son:

- Inerte (al contenido).
- Resistente a la temperatura (hasta 135°C).
- Barrera a los aromas.
- Transparente en películas.
- Impermeable.
- Irrompible.
- Brillo.
- Liviano.
- No tóxico.
- Alta resistencia química.

1.2.6. Películas de polipropileno biorientado y la operación de sellado.

Las aplicaciones del polipropileno son variadas pues se pueden fabricar una gran variedad de objetos, desde envases y empaques hasta artículos para la industria automotriz y electrónica. Para el área de la industria de alimentos es utilizado como película biorientada para productos de confitería (golosinas, dulces, etcétera) ya que sus características se ven afectadas considerablemente por la orientación como se puede apreciar en el cuadro número 1, en la industria de la panificación (repostería); por otro lado es empleado en la fabricación de envases rígidos por inyección o termoformado utilizados para contener productos como: manteca, margarina, quesos, postres, yogurt, alimentos envasados para microondas, envases para helados botellas sopladas para jugos. (Rodríguez, 1998)

La estructura de la película de polipropileno está conformada por dos estructuras, homopolímero y copolímero, la primera estructura está formada por una cadena del mismo monómero (polipropileno), mientras que la segunda

estructura es el resultado de la polimerización de dos especies químicas distintas, propileno y etileno, ésta estructura se utiliza como capa sellante en películas de polipropileno coextruídas. Las unidades de polietileno se encuentran espaciadas aleatoriamente en la cadena del polímero. *(Rodríguez M., 1998)*

El polipropileno homopolímero posee una alta resistencia a los ácidos y bases y a temperatura ambiente no hay sustancia orgánica que lo pueda disolver, además, presenta resistencia a la temperatura y puede ser esterilizado con rayos gamma y con óxido de etileno. Tiene resistencia a la tensión y una alta elongación; su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a bajas temperaturas es muy débil. El polipropileno copolímero también presenta resistencia al impacto a bajas temperaturas, es más flexible que el tipo homopolímero, pero es menos resistente a la temperatura y a productos químicos. *(Plastivida, 2001)*

Un polipropileno comonomero base etileno contiene alrededor de 4% de etileno y 96% de propileno. La presencia de las unidades del etileno inhiben la formación regular de cristales en el polipropileno, abatiendo la temperatura de fusión por debajo de los 150°C, teniéndose temperaturas para el sellado entre los 110°C a los 140°C ya que si se incrementa ésta temperatura el material tiende a fundirse involucrando la pérdida de sus propiedades así como una deformación de la película, ya que el copolímero sufre alteraciones en su estructura y se ven afectadas sus propiedades como material sellante.

Las películas de polipropileno orientado fueron desarrolladas como sustituto del celofán, la orientación lo acerca a la rigidez del celofán ya que sin orientación la rigidez es prácticamente nula, con respecto a la barrera de humedad la orientación mejora hasta casi por 3 veces con respecto al polipropileno no orientado, la densidad de ambos polipropilenos no se ve afectada, la resistencia a la tensión se ve favorecida para el polipropileno

biorientado. Además las propiedades físicas no se afectan por pérdida o ganancia de humedad para el polipropileno biorientado lo que en el celofán ocasiona cambios en rigidez, dimensiones y barrera; es más económico el polipropileno biorientado que el celofán y con altas propiedades de transparencia, resistencia a la punción, y muy poca resistencia al rasgado, todas estas características se pueden apreciar claramente en el cuadro número 1. (Palacios, 1999)

Ventajas de la orientación en el polipropileno:

- Aumento de rigidez.
- Disminuye la extensibilidad.
- Aumenta la barrera a la humedad.
- Mejora los ópticos.
- El rasgado disminuye pero es suficiente para muchas aplicaciones.

Cuadro No.1. Comparación entre el polipropileno no orientado y el orientado.

	Polipropileno No orientado.	Polipropileno orientado.
Extensibilidad.	Alta	Muy baja.
Permeabilidad al vapor de agua g/100 in ² /24 hrs. mil.	1.0	0.35
Rigidez.	Muy baja.	Alta similar al celofán.
Resistencia a la propagación del rasgado.	Alta.	Muy baja, altamente direccional.
Densidad.	0.902	0.902
Gravedad específica.	0.885 a 0.905	0.902 a 0.907
Barrera al oxígeno.	Pobre.	Pobre.

Plastivida, 2001. Rodríguez 1997.

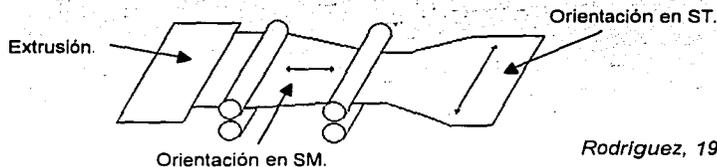
Cuadro No.1 (Continuación). Comparación entre el polipropileno no orientado y el orientado.

	Polipropileno No orientado.	Polipropileno orientado.
Absorción de agua 24 hrs. %.	Menor a 0.005	Menor a 0.005
Resistencia a la tensión psi.	4500 a 10000	7500 a 40000
Permeabilidad al vapor de agua g.mm/m ² /24 hrs. 37.8°C	0.27	0.1
Permeabilidad a gases cm ³ mil/100 in ² /24hrs. %	CO ₂	500 a 800
	H ₂	1700
	N ₂	40 a 48
	O ₂	150 a 240

Plastivida, 2001. Rodriguez 1997.

Una de las ventajas más importantes del polipropileno es su baja densidad y alto rendimiento, el rendimiento se expresa como el número de metros cuadrados de película por cada kilogramo de la misma, es decir que el mismo peso a baja densidad ocupa más volumen que una alta densidad y cubrirá una mayor área. El 92% de la producción mundial se hace en forma secuencial a través del proceso denominado Tenter Frame, primero el polipropileno se orienta en dirección SM y después en ST éste proceso se puede apreciar en la figura 2, el 8% restante se fabrica por orientación simultánea con el proceso de doble burbuja, el cual consiste en hacer una burbuja se enfria con baño de agua, se recalienta hasta reblandecimiento, se vuelve a soplar y después la película se deja encoger también por calentamiento. *(Mercado, 1999)*

Figura No. 2. Orientación del polipropileno.



Rodríguez, 1997

El polipropileno al tenerse en forma de película puede ser sometido a un recubrimiento metalizado, el cual consiste en depositar una capa de aluminio en la superficie de la película, brindando una apariencia metálica incrementando sensiblemente la barrera a los gases. Por costo es más económico el metalizar una película que agregar una hoja de aluminio laminado, aunque si bien es cierto que la barrera no puede ser comparada con la brindada por una hoja de aluminio, sin embargo la barrera brindada por el metalizado es en muchas aplicaciones suficientemente alta para decidirse a eliminar la costosa hoja de aluminio. (Rodríguez, 1998, Rodríguez M, 1998)

El proceso de recubrimiento se efectúa en una cámara de vacío, por donde pasa la película de polipropileno, dentro de la cámara el aluminio es calentado a altas temperaturas donde es sublimado y los vapores de aluminio son depositados en la superficie de la película. En el punto del depósito del recubrimiento por el lado de la otra cara de la película se encuentra un cilindro enfriador el cual solidifica nuevamente el aluminio, posteriormente la película ya metalizada de polipropileno se embobina. (Vázquez, 1997)

1.2.7. Interacción envase producto.

A consecuencia de la naturaleza y constitución misma del producto es menester cuidar aquellas características que sean atributos de calidad valorados por el consumidor final, un ejemplo claro de esto es la inviolabilidad del envase primario y las alteraciones que pueda sufrir el envase a consecuencia de las bajas temperaturas y por otro lado una situación que es importante mencionar

es la permeabilidad al vapor de agua, ya que al presentarse ésta situación el producto exhibe la formación de pequeños cristales de hielo en su superficie, suscitando ésta anomalía un rechazo por parte del consumidor final. Las características que tiene la película de polipropileno biorientado la hacen un material idóneo para con las necesidades del producto, ya que tiene una permeabilidad al vapor de agua de 0.35 g/100 in²/24 hrs. mil menor que otros materiales, tiene una rigidez alta similar a la del celofán lo cual permite que no sufra una adherencia al producto manteniendo su forma y estructura sin alterar a un en condiciones de temperatura inferior a -18°C, referente al permeabilidad a los diferentes gases al orientarlo disminuye ésta pues como se puede apreciar en el cuadro número 1 al tener polipropileno sin orientar el valor de la permeabilidad del oxígeno es de 150 a 240 cm³ mil/100 in²/24hrs. y el orientado reporta un valor de 160 cm³ mil/100 in²/24hrs. y un factor esencial es el costo pues a consecuencia de su baja densidad se pueden cubrir grandes extensiones de volumen con un mínimo de material utilizado.

Cuadro No.1. Comparación entre el polipropileno no orientado y el orientado.

	Polipropileno No orientado.	Polipropileno orientado.
Extensibilidad.	Alta	Muy baja.
Permeabilidad al vapor de agua g/100 in ² /24 hrs. mil.	1.0	0.35
Rigidez.	Muy baja.	Alta similar al celofán.
Resistencia a la propagación del rasgado.	Alta.	Muy baja, altamente direccional.
Densidad.	0.902	0.902
Gravedad específica.	0.885 a 0.905	0.902 a 0.907
Barrera al oxígeno.	Pobre.	Pobre.
Absorción de agua 24 hrs. %.	Menor a 0.005	Menor a 0.005
Resistencia a la tensión psi.	4500 a 10000	7500 a 40000
Permeabilidad a gases cm ³ mil/100 in ² /24hrs. %	CO ₂	500 a 800
	H ₂	1700
	N ₂	40 a 48
	O ₂	150 a 240

Plastivida, 2001. Rodriguez 1997.

1.3. Herramientas básicas para la mejora continua de la calidad.

Hoy en día es imprescindible el empleo de herramientas que permitan interpretar numéricamente los resultados obtenidos de los diferentes procesos productivos, en el caso de éste trabajo las herramientas que son utilizadas son aquellas denominadas para la mejora continua de la calidad, cuyo objetivo es descubrir las variaciones o desviaciones en los diferentes sistemas productivos y permitir sentar las bases para la toma de medidas correctivas y preventivas para que un proceso productivo pueda ser evaluado y se encamine en la vía de la mejora continua repercutiendo directamente en la calidad del producto y disminución de producto fuera de especificación, por esto es fundamental conocerlas y saber su campo de aplicación para que se aprovechen de una manera precisa y en función de las necesidades que se detecten.

A continuación se detallarán las 7 herramientas básicas para la mejora calidad:

1.3.1. Diagrama de Pareto:

Un diagrama de Pareto es una gráfica que contabiliza en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud la cantidad de defectos o datos fuera de especificación que se presentan por características para un producto o evento cualquiera, el eje horizontal indica los tipos de defectos o características fuera de especificación que son los factores que causan que los lotes se consideren defectuosos. Cada barra representa un tipo e defecto; y su altura, la frecuencia o el número de veces en que se presenta dicho defecto. se ubica al defecto de mayor ocurrencia a la izquierda y por consiguiente el de menor importancia a la derecha para tener una idea más clara ver la figura 3. Esta herramienta se utiliza se utiliza para visualizar rápidamente qué factores de un problema, que causas o qué valores en una situación determinada son los más importantes y,

por ello, cuáles de ellos hay que atender en forma prioritaria, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación. (Kume, 1993)

Es más redituable disminuir los problemas que representan el mayor peso en una situación que eliminar por completo los defectos con menor peso. Se presentan en forma gráfica los principales factores que influyen en una situación, así como el porcentaje que corresponde a cada uno de estos factores y también se incluye el porcentaje acumulativo. De esta forma la gráfica facilita la identificación de los puntos en los que se debe actuar prioritariamente.

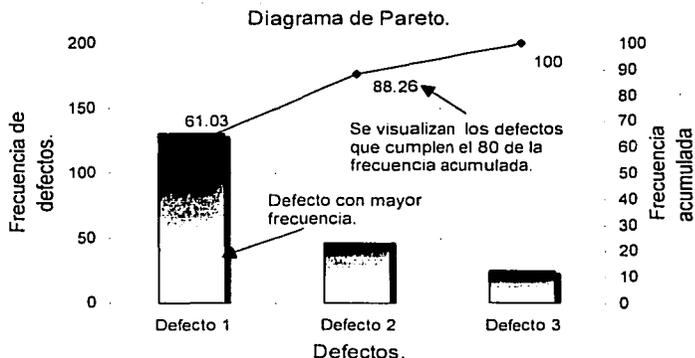


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Pareto.

1.3.2. Diagrama causa-efecto de Ishikawa:

Tiene como propósito expresar gráficamente el conjunto de factores causales que interviene en una determinada característica de calidad. Desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en 1960 al comprender que no era predecible el resultado

o efecto de un proceso sin entender las interrelaciones causales de los factores que influyen en él. (Kume, 1993)

La calidad de los productos y servicios puede estar influenciada directamente por nueve áreas básicas en una empresa: Mercados, Dinero, Administración, Hombres, Motivación, Materiales, Maquinaria, Métodos, aunque actualmente se han añadido dos extras las cuales son Medio ambiente y Medición. (Grant 1980)

Al identificar todas las variables o causas que intervienen en el proceso y la interacción de dichas causas, es posible comprender el efecto que resulta de algún cambio que se opere en cualquiera de las causas. Las relaciones se expresan mediante un gráfico integrado por dos secciones para tener una idea mejor de cómo está conformado un diagrama de Ishikawa se puede observar en la figura 4:

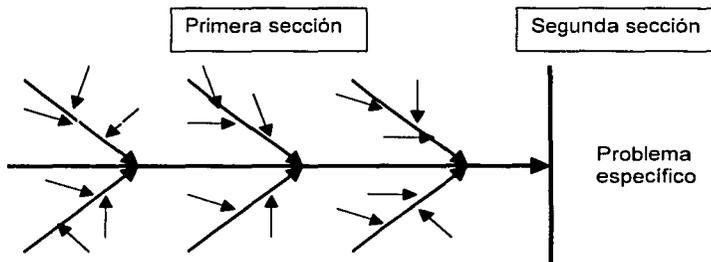


Figura 4. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.

La primera sección está constituida por una flecha principal hacia la que convergen otras flechas, consideradas como ramas del tronco principal, y sobre las que inciden nuevamente flechas más pequeñas, las sub-ramas. En esta primera sección quedan organizados los factores causales.

La segunda sección está conformada por el nombre de la característica de calidad. La flecha principal de la primera sección apunta precisamente hacia este nombre, indicando con ello la relación causal que se da entre el conjunto de factores con respecto a la característica de calidad.

1.3.3. Histograma::

Es la representación gráfica en forma de barras de los datos tomados de una muestra con el fin de determinar las veces que ocurren las variaciones, el propósito que se busca es obtener el conocimiento acerca de la distribución de la población y su comportamiento con respecto a ciertos límites establecidos.

Para ello se ordenan las muestras y se agrupan bajo el criterio de que encajen dentro de determinados intervalos denominados clases, cuyos límites se designan fronteras de clase. El histograma se construye tomando como base un sistema de coordenadas, teniendo en el eje horizontal las fronteras de clase, por otro lado en el eje vertical se grafica la frecuencia de las diferentes clases, la representación gráfica de un histograma se observa en la figura 5. (Grant, 1980)

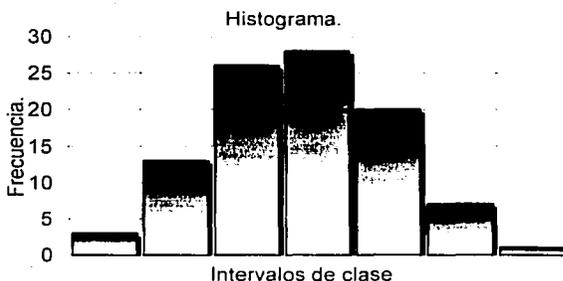


Figura 5. Ejemplo de Histograma.

1.3.4. Estratificación:

Herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes y a cada grupo se le denomina estrato, la clasificación tiene por objeto el identificar el grado de influencia de determinados factores o variables en el resultado de un proceso. (Kume, 1993)

1.3.5. Hojas de verificación:

La hoja de registro es el documento que permite reunir datos de las características o variables a controlar, tanto en materia prima, proceso, producto terminado, en el control estadístico de la calidad se hace uso cotidiano de las hojas de verificación, ya que es necesario comprobar si se han recabado los datos solicitados o si se han efectuado determinados trabajos. Se usan para verificar (Bowker, 1972):

- La distribución del proceso de producción.
- Los defectos.
- Las causas de los defectos.
- La localización de los defectos.
- Confirmar si se han hecho las verificaciones programadas.

La precisión y calidad del equipo y/o instrumentos que se empleen para obtener la medición deberán estar conforme a las especificaciones del producto.

1.3.6. Diagrama de dispersión:

Para poder controlar mejor un proceso y por ende poder mejorarlo, es necesario conocer la interrelación entre las variables involucradas y la existencia o no de éstas. La correlación entre dos variables puede ser directamente proporcional o inversamente proporcional y se realiza mediante la elaboración de una gráfica en cuyos ejes se colocan los valores de las variables en estudio, y se determina la relación que puede existir. *(Kume 1993)*

1.3.7. Gráficas de control:

En términos generales, una gráfica de control puede funcionar como una radiografía que muestra si el proceso, servicio o producto se encuentra dentro de control, además proporciona información suficiente para que dicho proceso, servicio o producto se mantenga dentro de parámetros y en un momento dado sirva la información como previsor de alguna falla. Los objetivos principales de los gráficos de control son: establecer o cambiar especificaciones, o bien si un proceso dado puede cumplirla, establecer o cambiar los procedimientos de producción es decir estos cambios pueden llevar a la eliminación de causas que originan la variación o cambios fundamentales en los métodos de producción, que podrían ser necesarios en dado caso que se concluya que con los métodos presentes no es posible cumplir las especificaciones, finalmente también busca establecer o cambiar procedimientos de inspección y de aceptación o ambos, éstos gráficos le proporcionan al usuario una base para la toma de decisiones durante la producción, que comprende cualquier etapa del proceso productivo. *(Grant, 1980)*

Se elaboran utilizando un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal indica el tiempo en que quedan enmarcados los datos, mientras que el eje vertical sirve como escala para transcribir la medición efectuada y los puntos de la medición

se unen mediante líneas rectas. El empleo de ésta herramienta sirve también para la obtención del histograma y curva correspondiente, pues simplemente se tiene que proyectar los datos transcritos al final de la gráfica.

Existen dos grandes modelos de gráficos de control los cuales están en función del tipo de variable a reportar y son:

1.3.7.1. Gráfica de control por atributos.

Se emplean para llevar un control de aquellos productos cuya inspección es visual o por medio de dispositivos que permitan determinar si un artículo pasa o no pasa a través de éstos. Definiéndose al atributo como la propiedad que tiene una unidad del producto, de ser buena o mala, la característica de calidad de la unidad puede o no estar de acuerdo a las especificaciones, y se refiere tanto al producto, a desperdicios. (*Kume, 1993*)

Para el caso de éste trabajo se hizo uso de los gráficos de control por variables, a consecuencia de la naturaleza de las variables en estudio.

1.3.7.2. Gráfica de control por variables.

Gráfica de control por variables, en un principio el empleo de una gráfica de control por variables será demandante de un programa intenso en medición, por lo que hay que considerar el costo de la toma y análisis de las mediciones, y por otra parte los beneficios que se obtendrán a través de su empleo dentro de la empresa. Más adelante, cuando se hallan detectado y corregido los problemas, la función del gráfico consistirá en mantener el proceso normal de producción bajo control, por lo que se puede reducir la frecuencia del muestreo.

Para elaborar una gráfica de control se necesita reunir los datos en subgrupos, un subgrupo es una agrupación ordenada de datos tomados de una máquina, línea de proceso, etc., cada determinado periodo de tiempo, por ejemplo, cada media hora, cuarenta minutos, cada hora, etc.

Para el caso de máquinas que elaboran un producto cualquiera, la creación del primer subgrupo se hará con base en la frecuencia de muestreo, supóngase que es cada hora, es decir, se tomarán los últimos elementos que se produzcan en la máquina justo en el momento en que se cumpla la hora, para el segundo subgrupo se considerarán nuevamente a los últimos productos fabricados por la máquina después de haber transcurrido una hora y así sucesivamente. (*Grant, 1980*)

En el caso de que no sean máquinas que estén fabricando algún producto masivamente, entonces se pretende que los elementos que integran cada subgrupo sea el de una muestra representativa de toda la producción a lo largo de un periodo de tiempo dado. Por lo que se habrá de escoger una muestra al azar de entre todos los artículos fabricados, para saber cuantos elementos van a formar un subgrupo, no existe una regla para determinar dicho número, por medio del teorema del limite central se sabe mientras el valor del subgrupo sea de cuatro o más componentes, la distribución de la media se acerca más a una normal. El hecho de que la distribución de la media de los subgrupos sea el de una normal, permite conocer la probabilidad de encontrar o localizar a nuestra población en todo momento. (*Grant, 1980*)

Cabe señalar que para que ésta teoría se basa en el teorema del limite central, éste teorema establece que la suma de un número grande de muestras tomadas al azar, tendrá una distribución aproximadamente normal independientemente de la distribución individual que se tenga.

Para poder construir los diferentes gráficos de control para variables según sean las necesidades del problema a abordar, se hace uso de cuadro número 2 donde se esquematiza el tipo de gráfico y estructuras matemáticas que las integran.

En el cuadro número 2 se listan las gráficas de control por variables:

Cuadro No. 2. Gráficos de control por variables.

Gráfico de control.	Límites.	
Gráfico de medias X (para gráfico X-R).	Limite de Control Superior.	$LCSx = X_{med\ med} + A2R_{med}$
	Línea Central de Control.	$LCCx = X_{med\ med}$
	Limite de Control Inferior.	$LCLx = X_{med} - A2R_{med}$
Gráfico de medias X (para gráfico X-S).	Limite de Control Superior.	$LCSs = X_{medmed} + A1 S_{med}$
	Línea Central de Control.	$LCCs = X_{med}$
	Limite de Control Inferior.	$LCLs = X_{medmed} - A1 S_{med}$
Gráfico de rangos R.	Limite de Control Superior.	$LCSr = D4R_{med}$
	Línea Central de Control.	$LCCr = R_{med}$
	Limite de Control Inferior.	$LCLr = D3R_{med}$
Gráfico de desviación estándar S.	Limite de Control Superior.	$LCSs = B4 S_{med}$
	Línea Central de Control.	$LCCs = S_{med}$
	Limite de Control Inferior.	$LCLs = B3 S_{med}$

Grant, 1980

Los valores de las constantes A1, A2, B3, B4, D3, D4 van a estar en función de las observaciones en el lote o subgrupo n y a continuación en el cuadro número 3 se describen:

Cuadro No. 3. Valores de las constantes para gráficos de control por variables.

Número de observaciones en el lote o subgrupo.	Factores para la gráfica X.		Factores para la gráfica R		Factores para la gráfica S	
	A ₁	A ₂	Límite de control inferior D ₃	Límite de control superior D ₄	Límite de control inferior B ₃	Límite de control superior B ₄
2	1.88	3.76	0.0	3.27	0.0	3.27
3	1.02	2.39	0.0	2.57	0.0	2.57
4	0.73	1.88	0.0	2.28	0.0	2.27
5	0.58	1.60	0.0	2.11	0.0	2.09
6	0.48	1.41	0.0	2.00	0.03	1.97
7	0.42	1.41	0.08	1.92	0.12	1.88
8	0.37	1.17	0.14	1.86	0.19	1.81
9	0.34	1.08	0.18	1.82	0.24	1.76
10	0.31	1.03	0.22	1.78	0.28	1.72
11	0.29	0.97	0.26	1.74	0.32	1.68
12	0.27	0.93	0.28	1.72	0.25	1.65
13	0.25	0.88	0.31	1.69	0.38	1.62
14	0.24	0.85	0.33	1.67	0.41	1.59
15	0.22	0.82	0.35	1.65	0.43	1.57

Grant, 1980

1.3.7.3. Interpretación de gráficos de control.

1) Proceso dentro de control:

Es cuando ninguno de los puntos rebasa los límites superior e inferior de control, los valores que cada punto tiene y que determinan su colocación a lo largo de la gráfica es al azar y no hay causas asignables que corregir. Cuando se llega a presentar un punto fuera de control es aceptado únicamente cuando

TFCIS CON
FALSA LE ORGEN

se tienen al menos 35 puntos y 2 puntos fuera cuando se tienen al menos 100 puntos. (Bowker, 1972)

2) Proceso fuera de control.

Es cuando se presenta al menos un punto fuera de los límites inferior o superior de control, si un punto coincide con el límite se considera dentro de control.

3) Anomalías de descontrol en la gráfica,

Es cuando se dice que el proceso no se encuentra en óptimas condiciones atribuibles a causas ajenas que interfieren en los resultados de los datos. (Kume, 1993)

- Cambio gradual de nivel, es cuando en la gráfica se presentan cambios en el comportamiento de los puntos reflejándose en cambios de nivel los cuales son considerados como anomalías.
- Cambio repentino de nivel, cuando en la gráfica se presentan cambios notablemente perceptibles en el comportamiento de la gráfica.
- Cambios sistemáticos, son cuando en la gráfica se presentan repeticiones en forma de ciclos que no necesariamente tienen que coincidir los valores de los puntos.
- Existe una adhesión a límites cuando:
 - En la gráfica se presentan dos puntos en la zona la zona $\pm 3\sigma$ (adhesión a límites).
 - En la gráfica se concentran los puntos en el centro de la línea central y el proceso se juzga anormal.
- Corrida, es cuando se tienen 7 puntos seguidos por arriba o por debajo de la línea del límite central considerándose como un proceso anormal.
- Tendencia, es cuando en la gráfica se presentan 7 puntos consecutivos con tendencia hacia arriba o hacia abajo a través de los límites superior e inferior.

2. DESARROLLO METODOLÓGICO.

La siguiente metodología propuesta surge por la necesidad de buscar las causas que originan el incremento de producto fuera de especificación en la operación de sellado de películas de polipropileno biorientado utilizado como envase primario para la industria de helados, para poder efectuar un análisis detallado de la operación de sellado es necesario asegurar que los productos elaborados en cada una de las operaciones unitarias anteriores a la operación de sellado se encuentren dentro de especificaciones para que los datos obtenidos no infieran en los resultados, es por ésta razón que se aborda únicamente la operación de sellado y de ésta manera proponer las mejoras en cada una de las áreas de oportunidad, por éste motivo se plantea la siguiente metodología para lograr dicho fin.

El papel del ingeniero en alimentos a cargo de cualquier proyecto es tratar de vislumbrar y proponer las mejoras a través del planteamiento experimental, diagramar, así como estimar en un momento dado los resultados esperados antes de efectuar cualquier tipo de experimentación práctica, desafortunadamente el ritmo de trabajo de las diferentes industrias conlleva a efectuar corridas experimentales de prueba, en las cuales se van realizando las mejoras al momento de necesitarse siendo muchas veces paliativos y remiendos improvisados, y es en función de éstas que es como se llega a proponer las mejoras definitivas, dicha situación se manifiesta a consecuencia

de una falta de planeación por parte de directivos y gerentes, a raíz de lo anterior en el presente proyecto se hace una adecuación de una metodología estadística apegándose a los requerimientos y formas de trabajo dictaminadas por las direcciones y gerencias involucradas con el problema.

2.1. Descripción metodológica.

OBJETIVO GENERAL:

Disminuir la frecuencia de producto fuera de especificación relacionado con el sistema, condiciones y método de envasado a través de una metodología estadística propuesta.

OBJETIVO PARTICULAR 1:

Elaborar una metodología para determinar las causas que suscitan la formación de producto fuera de especificación relacionado con la operación de sellado en la línea piloto, auxiliándose de algunas de las herramientas estadísticas básicas para la mejora de la calidad.

Actividades:

1.1. Para poder conocer la repercusión que tiene el mantenimiento en la operación de sellado y por ende la elaboración de producto fuera de especificación, se hace una revisión de la documentación sobre el mantenimiento de la línea piloto en función de los manuales de la maquinaria proporcionados por el proveedor, así como las diferentes bitácoras de mantenimiento las cuales son llevadas a cabo por el personal a cargo. Para efectuar un mejor análisis de la línea piloto ésta se divide y a su vez se subdivide permitiendo un análisis más preciso de ésta en diferentes sistemas.

1.1.1. Sistema eléctrico.

1.1.1.1. Motores.

1.1.1.2. Botonería y Switches.

1.1.1.3. Instrumentos de medición.

1.1.2. Sistema mecánico.

1.1.2.1. Mordazas y Cuchillas.

1.1.2.2. Motores.

- 1.1.2.3. Cadenas.
- 1.1.2.4. Poleas.
- 1.1.2.5. Pistones.
- 1.1.2.6. Instrumentos de medición.
- 1.1.3. Sistema de enfriamiento.
 - 1.1.3.1. Túnel de nitrógeno.
 - 1.1.3.2. Dosificadores.
 - 1.1.3.3. Válvulas.
 - 1.1.3.4. Conectes de nitrógeno.
 - 1.1.3.5. Instrumentos de medición.
- 1.1.4. Sistema de dosificación de helado.
 - 1.1.4.1. Boquillas.
 - 1.1.4.2. Dispensador de galleta.
 - 1.1.4.3. Conexiones.
 - 1.1.4.4. Pistones.
 - 1.1.4.5. Instrumentos de medición.
- 1.2. Es necesario conocer la influencia que tienen las diferentes variables que pueden inferir en la elaboración de producto fuera de especificación, para lo cual se revisan las materias primas empleadas en la elaboración del producto, con el objetivo de asegurar que no se tenga producto fuera de especificación imputable a las materias primas.
 - 1.2.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo logo.
 - 1.2.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich.
 - 1.2.3. Base para helado sabor vainilla 6%G.V., Porcentaje de aire al (Overrun) 60% (± 5).
- 1.3. Se efectúa un análisis detallado de la línea piloto antes del arranque de la prueba anotando las observaciones pertinentes sustentadas mediante la toma de fotografías en función a los sistemas subdivididos, con el objetivo

- de marcar el estado inicial de la máquina para posteriormente realizar un análisis comparativo entre las corridas de prueba.
- 1.3.1. Sistema eléctrico.
 - 1.3.2. Sistema mecánico.
 - 1.3.3. Sistema de enfriamiento.
 - 1.3.4. Sistema de dosificación de helado.
- 1.4. Llevar a cabo la corrida de prueba en la línea piloto y tomar una muestra de producto ya terminado al final de la banda a intervalos de 5 minutos ($\Delta T = 5 \text{ min.}$), y evaluar ésta anotando los resultados obtenidos en la hoja de verificación HV-01 (Ver capítulo de resultados), por naturaleza misma del proceso y la maquinaria, al momento de elaborar el envase del producto intervienen dos mordazas con cautines integrados lo cual origina que el envase tenga dos sellos: Longitudinal y transversal, por esto la hoja de verificación debe de tomar en cuenta éstos datos. Es fundamental efectuar la corrida de prueba una vez que se tienen las actividades anteriores cubiertas para que de ésta manera se conozca la repercusión que tienen el mantenimiento y las materias primas en la elaboración de producto fuera de especificación.
- 1.5. Realizar una análisis detallado de la línea piloto al finalizar la prueba anotando las observaciones pertinentes sustentadas mediante la toma de fotografías, el objetivo de ésta actividad es tener un panorama más amplio al comparar el estado inicial de la línea piloto con respecto al estado en que termina la prueba, ya que al emplear la toma de fotografías se puede analizar minuciosamente la línea piloto subdividida.
- 1.5.1. Sistema eléctrico.
 - 1.5.2. Sistema mecánico.
 - 1.5.3. Sistema de enfriamiento.
 - 1.5.4. Sistema de dosificación de helado.

- 1.6 Se emplea técnica de tarjetas para identificación y detección de áreas de difícil acceso y fuentes de suciedad en la línea piloto, el propósito de ésta actividad es que una vez terminada la corrida de prueba el personal a cargo de la línea participe retroalimentando al personal encargado del proyecto de mejora, a través de la colocación de tarjetas de diferentes colores (rojo, azul y amarilla) en cada una de las partes de la línea donde se presente una desviación, para que quede como precedente y sean tomadas las medidas correctivas a favor de la disminución de áreas de difícil acceso, fuentes de suciedad y otro tipo de desviaciones que repercuten directamente en la frecuencia de producto fuera de especificación.
- 1.6.1. Realizar un Diagrama de Pareto tomando en cuenta la frecuencia de los tipos de tarjetas encontradas y contabilizadas para detectar las causas que originan el mayor número de tarjetas, para de ésta manera vislumbrar las causas que ocasionan el mayor número de tarjetas.
- 1.7. Elaborar un Diagrama Causa-Efecto ó "Espina de pescado" con el objetivo de detectar las circunstancias que generan y/o propician el incremento en la frecuencia de producto fuera de especificación en el sellado del producto al momento de ser envasado.
- 1.8. Elaborar los histogramas para los dos tipos de sellado (longitudinal y transversal) en función a los datos recabados en la hoja de verificación, así mismo se procede a calcular la Desviación Estándar para cada tipo de sellado.
- 1.9. Realizar el gráfico de control para determinar si el proceso se encuentra dentro de control y determinar la Capacidad de proceso para cada una de las series de datos recabados tanto para el sellado longitudinal así como el transversal.

- 1.9.1. Realizar el gráfico de control utilizando el valor de la media "gráfico de medias".
 - 1.9.2. Realizar el gráfico de control utilizando el valor del rango "gráfico de rangos".
- 1.10. Plantear las soluciones y mejoras en las áreas de oportunidad encontradas para los problemas que generan producto fuera de especificación relacionado con el área de envasado de la línea de producción en estudio.

OBJETIVO PARTICULAR 2:

Implementar y llevar a cabo las mejoras y propuestas haciendo una evaluación de las mismas y la repercusión que tienen en la frecuencia de producto fuera de especificación, auxiliándose del empleo de herramientas estadísticas básicas para la mejora de la calidad.

Hasta éste momento se realiza el análisis de las causas que originan el producto fuera de especificación y la propuesta de mejoras así como de las medidas correctivas. A continuación se propone la metodología para evaluar el efecto que tuvo las medidas correctivas en el sellado al envasar el producto.

Actividades:

- 2.1. Revisar las materias primas empleadas en la elaboración del producto, con el objetivo de asegurar que no se tenga producto fuera de especificación imputable a las materias primas, así como en la corrida de prueba fue menester el asegurar la utilización de materias primas dentro de parámetros para que no infiera en la frecuencia de producto fuera de especificación.
 - 2.1.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo logo.
 - 2.1.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich.
 - 2.1.3. Mixtura sabor Vainilla, Porcentaje de aire al (Overrun) 60% (± 5).

- 2.2. Se inicia la prueba en la línea piloto y se toma una muestra de producto ya terminado al final de la banda a intervalos de 5 minutos ($\Delta T = 5 \text{ min.}$), y esta es evaluada anotando en la hoja de verificación HV-01 los resultados obtenidos (Ver capítulo de resultados).
- 2.3. Elaborar los histogramas para los dos tipos de sellado (longitudinal y transversal) en función a los datos recabados en la hoja de verificación, así mismo se procede a calcular la Desviación Estándar para cada tipo de sellado.
- 2.4. Realizar el gráfico de control para determinar si el proceso se encuentra dentro de control y determinar la Capacidad de proceso para cada una de las series de datos recabados tanto para el sellado longitudinal así como el transversal.

OBJETIVO PARTICULAR 3:

Contrastar la frecuencia de producto fuera de especificación, desviación estándar, habilidad del proceso, capacidad del proceso, antes y después de las mejoras y soluciones propuestas en las áreas de oportunidad detectadas.

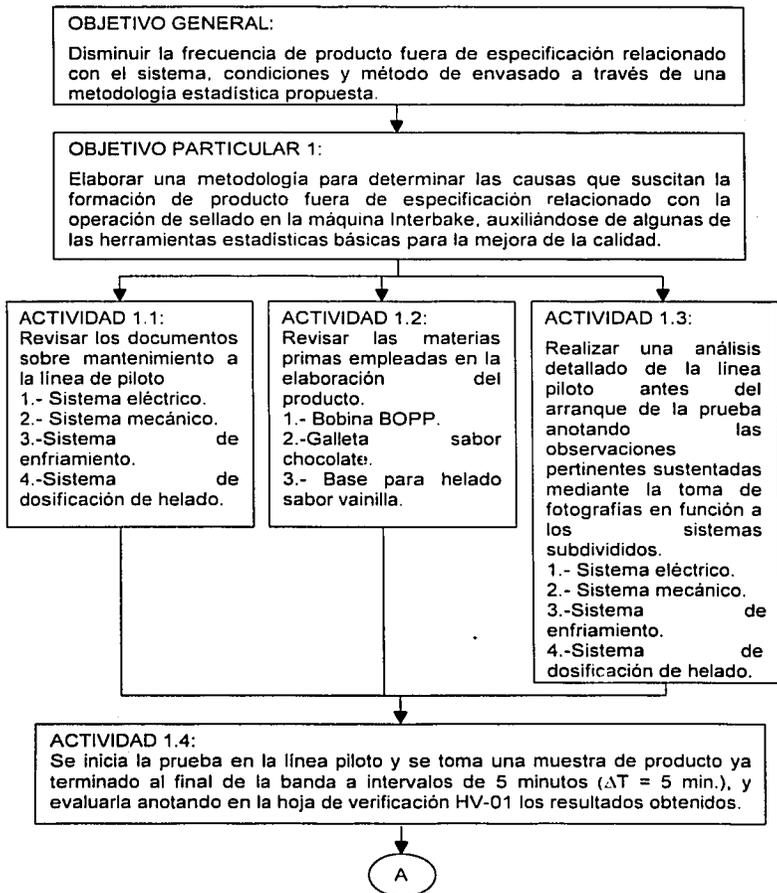
Actividades:

- 3.1. Efectuar una comparación entre la frecuencia de productos defectuosos antes y después de las mejoras implementadas.
- 3.2. Hacer una comparación entre la desviación estándar antes y después de las mejoras implementadas.
- 3.3. Realizar una comparación entre las capacidades del proceso antes y después de las mejoras implementadas.

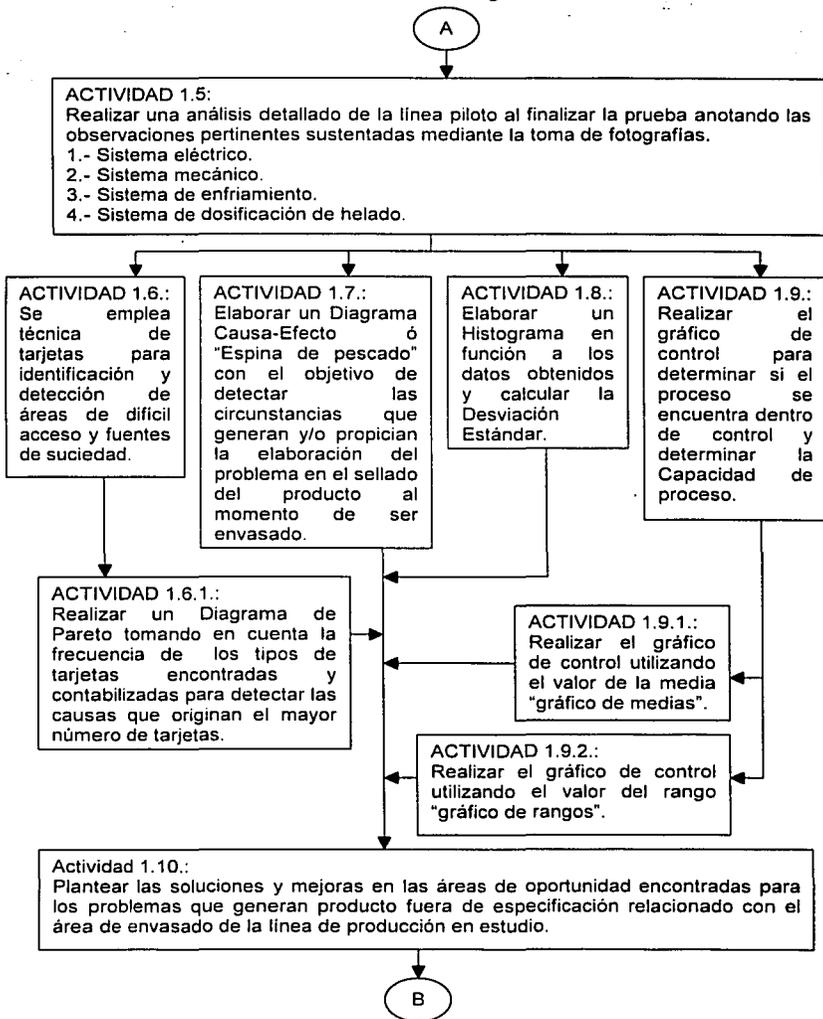
2.2. Cuadro metodológico.

Para poder apreciar la metodología propuesta se plantea el siguiente cuadro metodológico representado por el cuadro número 4.

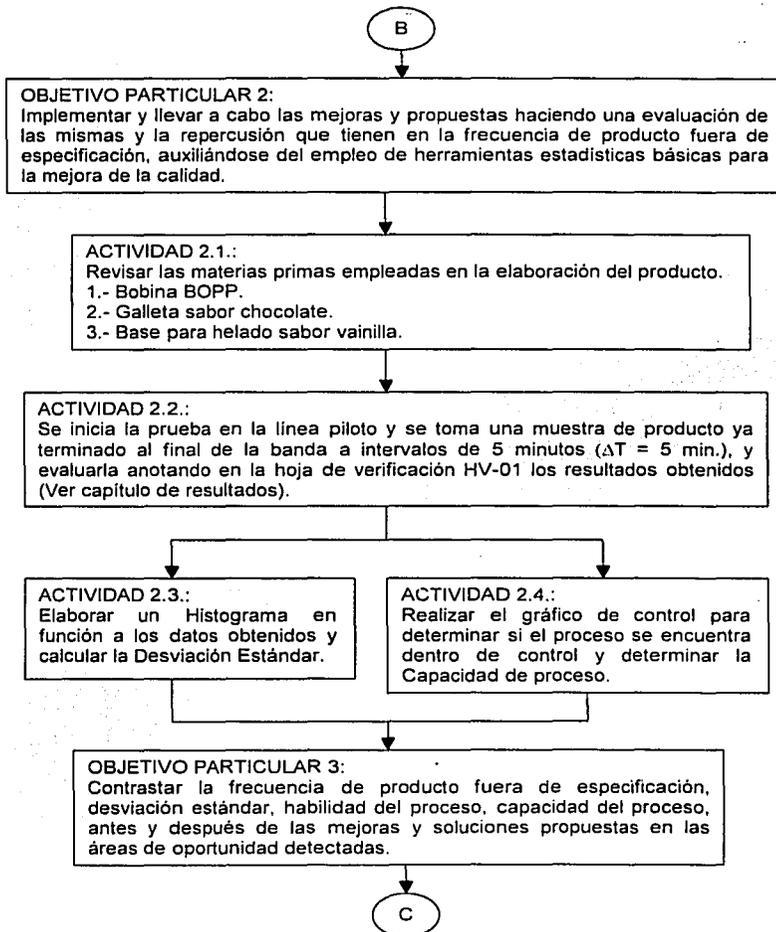
Cuadro No. 4. Cuadro metodológico.



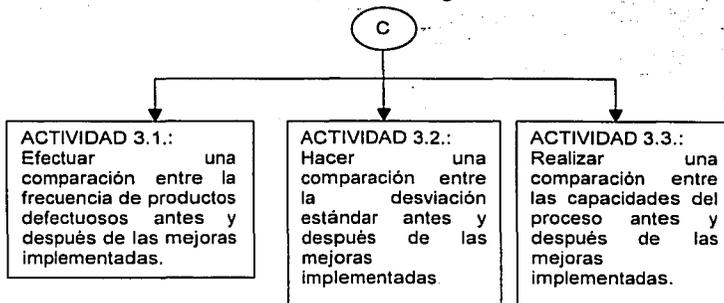
Cuadro No. 4 Continuación. Cuadro metodológico.



Cuadro No. 4 Continuación. Cuadro metodológico.



Cuadro No. 4 Continuación. Cuadro metodológico.



3. TRATAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

3.1. Referente a la documentación del mantenimiento a la línea piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1.1. Mantenimiento al sistema eléctrico:

Con respecto al mantenimiento a motores se tiene un calendario mensual establecido (primer sábado de cada mes), aunque cada vez que se pone en marcha a la máquina se realiza una ligera inspección por parte del operador a cargo. Concerniente a la botonería e interruptores, no se tiene un programa de mantenimiento, el problema se corrige cuando se presenta, y finalmente con respecto a los Instrumentos de medición, en algunos equipos se cuenta con un mantenimiento pero data de fechas muy anteriores, mientras que en otros no existe.

3.1.2. Mantenimiento al sistema mecánico:

Respecto a las mordazas y cuchillas, se brinda mantenimiento periódico (semanal) a consecuencia del uso continuo de éstas piezas, pero es efectuado por personal ajeno a la empresa que fabricó la máquina y las piezas no son originales. Referente al mantenimiento a motores, cadenas y poleas, se tiene un calendario para éste tipo de mantenimiento (mensual), aunque cada vez que se pone en marcha a la máquina se realiza una ligera inspección por parte del operador a cargo. Finalmente sobre los instrumentos de medición, se brinda mantenimiento periódico, pero lamentablemente no se cuenta con registros de calibración, pues únicamente se revisa el funcionamiento de éstos equipos.

3.1.3. Mantenimiento al sistema de enfriamiento:

Referente al mantenimiento al túnel de nitrógeno, dosificadores de galleta, válvulas y conectes de nitrógeno, se brinda mantenimiento periódico (semanal)

a consecuencia del uso continuo de éstas piezas, además cada vez que se pone en marcha la máquina se realiza una inspección por parte del operador de la línea. Concerniente sobre los instrumentos de medición, se brinda mantenimiento periódico, pero lamentablemente no se cuenta con registros de calibración, pues únicamente se revisa el funcionamiento de éstos equipos.

3.1.4. Mantenimiento al sistema de dosificación de helado:

Referente al mantenimiento a las boquillas, dispensador de galleta, conexiones, pistones, se brinda mantenimiento periódico (semanal) a consecuencia del uso continuo de éstas piezas, además cada vez que se pone en marcha la máquina se realiza una inspección por parte del operador de la línea, finalmente los Instrumentos de medición, es realizado un mantenimiento de forma mensual debido al costo de éste equipo.

Sobre la base de la información y al análisis del mantenimiento con respecto a los diferentes sistemas que integran a la línea piloto, el mantenimiento es un pilar fundamental que interviene en el incremento de la frecuencia de producto fuera de especificación, se pudo apreciar que en algunas áreas es nulo el mantenimiento y por otro lado no se efectúa de una manera correcta por el personal calificado siendo éstas situaciones consideradas graves, por esto al efectuar las propuestas de mejora en las áreas de oportunidad no hay que soslayar ninguno de los resultados obtenidos en éste punto.

3.2. Referente a la verificación de materias primas empleadas en la elaboración del producto en la línea piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

3.2.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo Logo, fueron aprobadas para su uso 13 bobinas teniéndose 3 rechazadas por estar fuera de especificación (color), y 2 por encontrarse con un ancho de bobina menor al mínimo con respecto a las especificaciones, pues ésta situación conlleva a que la máquina

al momento de elaborar el envase primario rompa y por otro lado incurra en un sellado longitudinal deficiente incrementando la frecuencia de producto fuera de especificación.

3.2.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich, fueron aprobados para su uso 15 cajas de galleta sabor chocolate para sándwich.

3.2.3. Base para helado sabor vainilla 6%G.V., Porcentaje de aire al (Overrun) 60% (± 5), se analizó y se observó dentro de especificaciones.

Al analizar las materias primas que fueron evaluadas para ser utilizadas en la prueba de la línea piloto, se pudo observar que algunas de ellas se encontraban fuera de especificación, y éstas no son identificadas adecuadamente en el interior del almacén de materia prima para evitar su posterior uso, por otro lado después del análisis y aprobación de aquellas que si estuvieran dentro de especificaciones, se concluye que éstas si infieren en la frecuencia de producto fuera de especificación para el caso particular del problema de sellado, pero ésta variable puede ser controlada al implementar un programa adecuado de muestreo de los materiales empleados en la elaboración del producto.

3.3. En ésta parte se realizó un análisis detallado de la línea piloto antes de ser utilizada en la prueba, se observó que la máquina se encuentra limpia y sanitizada pues es un requisito que se encuentre perfectamente libre de cualquier riesgo de contaminación (físico, químico, microbiológico) para su empleo en la elaboración del producto. Al realizar las observaciones no se observó ningún desperfecto o falla a simple vista que pudiera repercutir en el sellado del producto.

Referente al sistema eléctrico se observaron tableros limpios y ordenados como se puede apreciar en la figura 6.



Figura 6. Sistema eléctrico de línea piloto.

Para el sistema eléctrico se observaron las piezas y maquinaria limpia como se puede apreciar en la figura 7.



Figura 7. Sistema mecánico de línea piloto.

Con respecto al sistema de enfriamiento se observaron tuberías limpias sin presencia de hielo o escarcha como se puede apreciar en la figura 8.

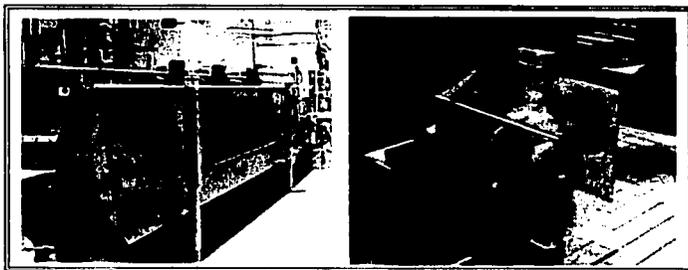


Figura 8. Sistema enfriamiento de línea piloto.

Para el sistema de dosificación de helado se observaron las piezas limpias y la maquinaria sin ningún residuo de helado como se puede observar en la figura 9.

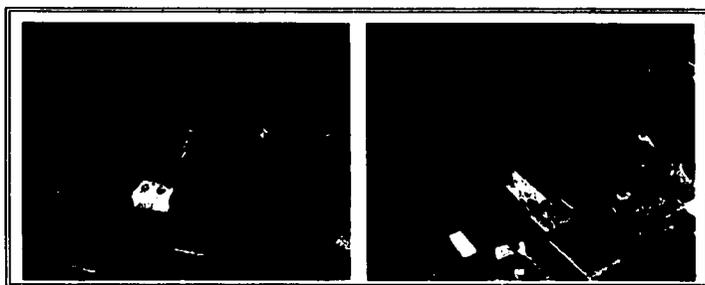


Figura 9. Dosificación de helado de la línea piloto.

TRIPS CON
FALTA DE ORIGEN

3.4. El día 19 de Febrero del 2001 a las 6:00 hrs. se llevó a cabo la corrida de prueba en la línea piloto terminando a las 14:20hrs. del mismo día con una duración de 8 horas con 20 minutos, dicha prueba tuvo como objetivo el poder recopilar los datos en el transcurso de la producción para posteriormente hacer un análisis minucioso de éstos, las muestras que fueron analizadas se efectuaron a intervalos de 5 minutos al final de la banda ($\Delta T = 5 \text{ min.}$), y se empleo la hoja de verificación HV-01 para el llenado de los resultados ver la figura 10.

Hoja de verificación. Prueba de temperaturas de sellado.				Fecha elaboración de producto	02-Feb-01				
				Responsable	Quality Assurance				
				Código	S.H.U.C.				
				Nombre del documento	Hoja de ver. HV-01				
Producto	Módulo clásico	Inicio	Intervalo de tiempo	31 x 5 min.					
Fecha de prueba 19-Feb-01		hr. Termina	Maquina	Interdura					
Especificaciones de temperatura en el sellado de producto				FE	Producto fuera de especificación				
				D.L.	Producto dentro de especificación				
				Producto Continúa	86				
				Prod No. Continúa	14				
Mira	Hora	Temperatura Temperatura Temp. (C)	Temperatura Temperatura Temp. (C)	ST	Mira	Hora	Temperatura Temperatura Temp. (C)	Temperatura Temperatura Temp. (C)	ST
1	06 05	115	117	FE	51	10 15	133	131	FE
2	06 10	118	116	FE	52	10 20	135	136	FE
3	06 15	125	123	FE	53	10 25	137	132	DE
4	06 20	126	125	DE	54	10 30	136	129	FE
5	06 25	124	124	FE	55	10 35	134	131	DE
6	06 30	127	129	DE	56	10 40	130	130	DE
7	06 35	129	134	DE	57	10 45	131	128	DE
8	06 40	133	135	DE	58	10 50	130	126	DE
9	06 45	132	137	FE	59	10 55	129	129	DE
10	06 50	134	134	DE	60	11 00	128	128	DE
11	06 55	129	129	DE	61	11 05	132	131	DE
12	07 00	132	125	DE	62	11 10	127	130	DE
13	07 05	131	126	DE	63	11 15	128	131	DE
14	07 10	129	124	FE	64	11 20	126	129	DE
15	07 15	133	128	DE	65	11 25	127	126	DE
16	07 20	135	132	DE	66	11 30	130	124	FE
17	07 25	134	136	FE	67	11 35	132	126	DE
18	07 30	134	133	DE	68	11 40	129	127	DE
19	07 35	132	129	DE	69	11 45	126	127	DE
20	07 40	130	128	DE	70	11 50	128	120	DE
21	07 45	127	130	DE	71	11 55	129	131	DE
22	07 50	125	127	DE	72	12 00	133	130	DE
23	07 55	129	128	DE	73	12 05	134	134	DE
24	08 00	130	128	DE	74	12 10	131	126	DE
25	08 05	129	128	DE	75	12 15	129	131	DE
26	08 10	128	131	DE	76	12 20	128	134	DE
27	08 15	126	130	DE	77	12 25	126	132	DE
28	08 20	129	131	DE	78	12 30	130	133	DE
29	08 25	130	129	DE	79	12 35	133	130	DE
30	08 30	133	128	DE	80	12 40	135	130	DE
31	08 35	135	127	DE	81	12 45	138	128	FE
32	08 40	133	132	DE	82	12 50	133	126	DE
33	08 45	132	138	FE	83	12 55	129	129	DE
34	08 50	130	134	DE	84	13 00	134	125	DE
35	08 55	127	131	DE	85	13 05	131	132	DE
36	09 00	129	129	DE	86	13 10	127	130	DE
37	09 05	128	127	DE	87	13 15	128	133	DE
38	09 10	131	128	DE	88	13 20	126	132	DE
39	09 15	132	126	DE	89	13 25	132	135	DE
40	09 20	130	128	DE	90	13 30	130	134	DE
41	09 25	129	134	DE	91	13 35	134	126	DE
42	09 30	133	132	DE	92	13 40	133	132	DE
43	09 35	134	130	DE	93	13 45	129	130	DE
44	09 40	136	128	FE	94	13 50	130	128	DE
45	09 45	130	129	DE	95	13 55	132	128	DE
46	09 50	128	126	DE	96	14 00	134	130	DE
47	09 55	127	129	DE	97	14 05	133	133	DE
48	10 00	126	132	DE	98	14 10	130	129	DE
49	10 05	128	134	DE	99	14 15	128	132	DE
50	10 10	130	133	DE	100	14 20	129	134	DE

Figura 10. Hoja de verificación utilizada en la primer corrida de prueba.

3.5. Se realizó un análisis detallado de la línea piloto al finalizar la prueba anotando las observaciones sustentadas por medio de fotografías con respecto a cada sistema divido de la línea piloto.

Para el caso del sistema eléctrico después de la prueba se observaron composturas improvisadas con riesgo de generar un accidente de trabajo, y algunos controles sucios con trazas de helado como se pueden observar en la figura 11 y 12.

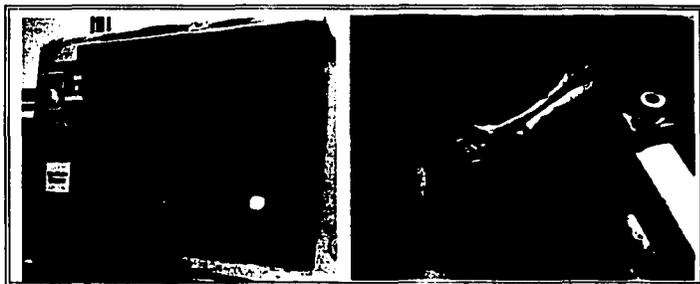


Figura 11. Sistema eléctrico de línea piloto.

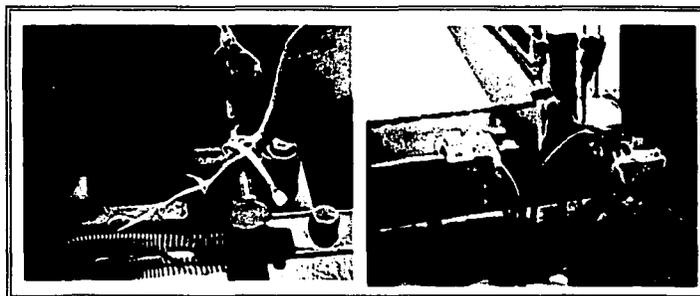


Figura 12. Sistema eléctrico de línea piloto.

En el sistema mecánico se observaron algunas correcciones improvisadas y mal implementadas, se observan piezas sucias con producto pudiendo ocasionar una falla en al maquinaria como se puede apreciar en la figura 13.

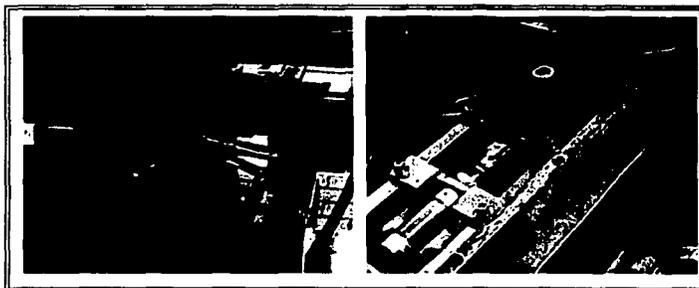


Figura 13. Sistema mecánico de línea piloto.

Referente al sistema de enfriamiento de la línea piloto se pudo apreciar que existe una acumulación de hielo en algunas de las tuberías y válvulas, así mismo parte del aislante térmico no se encuentra en las áreas que se necesita o encontrándose muy deteriorado como se puede apreciar en la figura 14.



Figura 14. Sistema enfriamiento de línea piloto.

TECIS CON
FALLA DE ORDEN

Con respecto al sistema de dosificación de helado se observó que existe fuga de producto por parte de algunas las tuberías y existe la formación de hielo a consecuencia de que no se cuenta con el aislante térmico necesario.



Figura 15. Sistema de dosificación de helado de línea piloto.

3.6. Se emplea técnica de tarjetas para identificación y detección de áreas de difícil acceso y fuentes de suciedad.

El propósito de aplicar ésta técnica fue para identificar dentro de la línea de producción las anomalías que impiden alcanzar los niveles de productividad esperados, así como condiciones subestándar de seguridad personal, se lleva a cabo utilizando tres tipos de tarjetas (Roja, Azul y Amarilla) las cuales son colocadas en donde el problema se localiza, llevándose a cabo por cualquier persona que labora o interviene en la línea de producción.

Tarjeta Roja, empleada para la detección e identificación de problemas que requieren de la participación de los electromecánicos de la compañía para su solución, personal con conocimientos especializados.

SE IS CON
FALTA DE ORIGEN

Tarjeta Azul, utilizada para la señalización de problemas que pueden ser solucionados por el personal a cargo de la línea de producción, operadores, obreros.

Tarjeta Amarilla, utilizada para la identificación de problemas detectados que describen una condición subestándar donde se pone en riesgo la integridad del personal.

Para efectuar ésta actividad se divide la línea de producción en diferentes agrupaciones: sistema eléctrico, mecánico, enfriamiento y de dosificación de helado interviniendo el personal que labora con la línea piloto. Se utiliza el siguiente formato para el acopio de los datos recabados ilustrado por la figura 16.

LISTADO DE TARJETAS.					Color de Tarjeta.	Azul	Rojo	Amarillo
Folio.	Área/Sistema detectada.	Anomalia detectada.	Fecha de localización.	Fecha de corrección.	Observaciones.			

Se anota el número consecutivo de la tarjeta.

Se anota la anomalia detectada.

Se anota la fecha compromiso que es la misma que cuando se repara la anomalia.

Se anota el área fue encontrada la tarjeta.

Se anota la fecha de cuando se localizó la anomalia.

Se escriben las observaciones y/o comentarios.

Figura 16. Formato para tarjetas.

A continuación en el cuadro número 4 y la figura 5 se presentan los resultados obtenidos con el empleo de las tarjetas, donde se puede apreciar que el 61.03% corresponde a tarjetas azules, actividades que pueden ser efectuadas por el personal a cargo de la línea, se tiene que el 27.23% corresponde a las tarjetas rojas, tareas que son llevadas a cargo por personal calificado y con conocimientos especializados, y finalmente se tiene que el 11.73% restante corresponde a las tarjetas amarillas o condiciones subestándar que involucran un posible riesgo de trabajo.

Cuadro No. 5. Distribución de tarjetas.

Sistema de la línea piloto	Tarjetas.		
	Azul.	Roja.	Amarilla.
Sistema eléctrico.	35	15	9
Sistema mecánico.	50	20	7
Sistema enfriamiento.	20	10	5
Sistema dosificación de helado.	25	13	4
TOTAL:	130	58	25
213 Tarjetas = 100%	61.03%	27.23%	11.73%

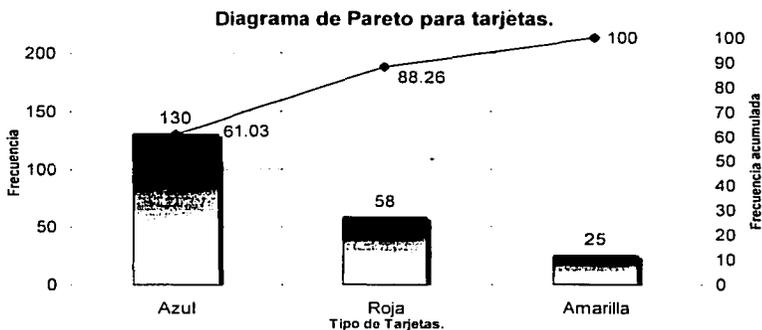


Figura 17. Diagrama de Pareto para tarjetas.

Se realizó un estudio detallado de las tarjetas encontradas y se elaboró el diagrama de Pareto, se observa que la distribución porcentual de las tarjetas presenta que el 61.03% corresponde a las de color azul, siendo incidentes que pueden ser reparados por el personal de la línea de producción, teniéndose como reparto las causas siguientes reportadas en el cuadro número 6.

Cuadro No. 6. Distribución de defectos para tarjetas azules.

Incidente:	Incidencia		
	Frecuencia	%	% Acumulado.
Tornillería floja.	45	34.62	34.62
Falta de tornillos.	35	26.92	61.54
Suciedad acumulada.	20	15.38	76.92
Falta de pintura.	10	7.69	84.61
Falta de lubricación.	9	6.92	91.53
Objetos ajenos a la máquina.	6	4.62	96.15
Exceso de lubricación.	5	3.85	100.00
TOTAL:	130	100	80%= 4 incidentes

Se observa que la tornillería floja, la falta de tornillos, la suciedad acumulada y la falta de pintura son los incidentes que cumplen el 84.61% del total de las tarjetas azules, estos resultados deben ser tomados para las medidas correctivas y gráficamente se observan en la figura 18.

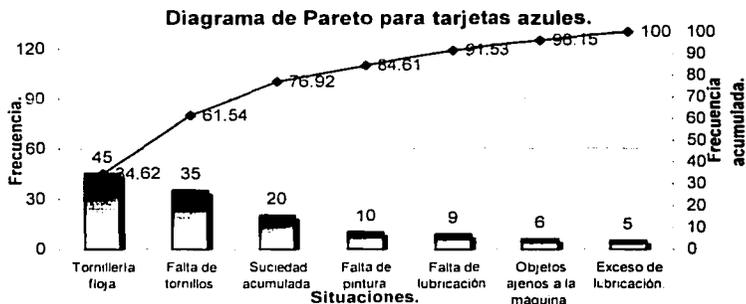


Figura 18. Diagrama de Pareto para tarjetas azules.

Se observa que la distribución porcentual de las tarjetas presenta que el 27.23% corresponde a las de color rojo, siendo incidentes que deben ser reparados por personal especializado, teniéndose como reparto las causas siguientes concentradas en el cuadro número 7.

Cuadro No. 7. Distribución de defectos para tarjetas rojas.

Incidente:	Incidencia.		
	Frecuencia.	%	% Acumulado.
Piezas desgastadas.	17	29.32	29.32
Fallas en sistema eléctrico.	12	20.68	50.00
Botonería y Switches.	9	15.52	65.52
Falta de controles.	8	13.80	79.32
Falta de válvulas.	6	10.34	89.66
Áreas de difícil acceso.	6	10.34	100.00
TOTAL:	58	100	80%= 4 incidentes.

Se aprecia que piezas desgastadas, fallas en el sistema eléctrico, botonería y switches y falta de controles son los incidentes que cumplen el 79.32% del total de las tarjetas rojas, estos resultados deben ser tomados para las medidas correctivas y gráficamente se observan en la figura 19.

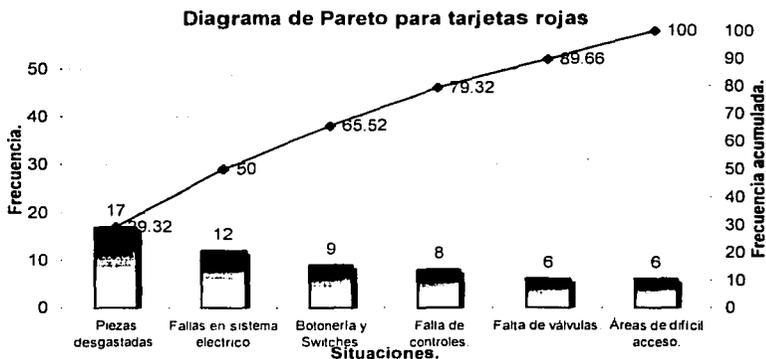


Figura 19. Diagrama de Pareto para tarjetas rojas.

Se observa que la distribución porcentual de las tarjetas presenta que el 11.73% corresponde a las de color amarillo, siendo incidentes que se consideran condiciones subestándar y ponen en riesgo la integridad del personal como se puede apreciar en el cuadro número 8.

Cuadro No. 8. Distribución de defectos para tarjetas amarillas.

Incidente:	Incidencia.		
	Frecuencia.	%	% Acumulado.
Instrumentos de presión mal calibrados.	7	29.17	29.17
Material eléctrico expuesto.	5	20.84	50.01
Superficies cortantes.	5	20.84	70.85
Falta de guardas de seguridad.	4	16.66	87.51
Piso resbaloso.	2	8.33	95.84
Ruido excesivo.	1	4.16	100
TOTAL:	24	100	80%= 4 incidentes.

Se visualiza que los instrumentos de presión mal calibrados, material eléctrico expuesto, superficies cortantes, falta de guardas de seguridad, piso resbaloso y ruido excesivo son los incidentes que cumplen el 87.51% del total de las tarjetas amarillas, estos resultados deben ser tomados para las medidas correctivas y gráficamente se observan en la figura 20.

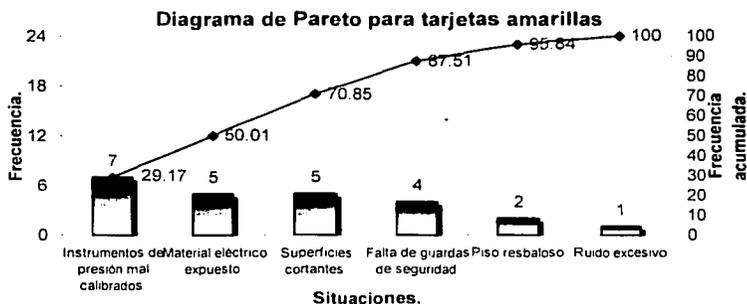


Figura 20. Diagrama de Pareto para tarjetas amarillas.

3.7. A consecuencia de la forma de trabajo de los niveles gerenciales y directivos se tuvo que efectuar el diagrama causa-efecto después de la corrida de prueba, para en base a los resultados obtenidos de la misma se procedió construir uno, esto a consecuencia de una falta de planeación y programación adecuada, es por esto que en la figura 21 se presenta el Diagrama Causa-Efecto en función al problema de la temperatura de sellado longitudinal y transversal:

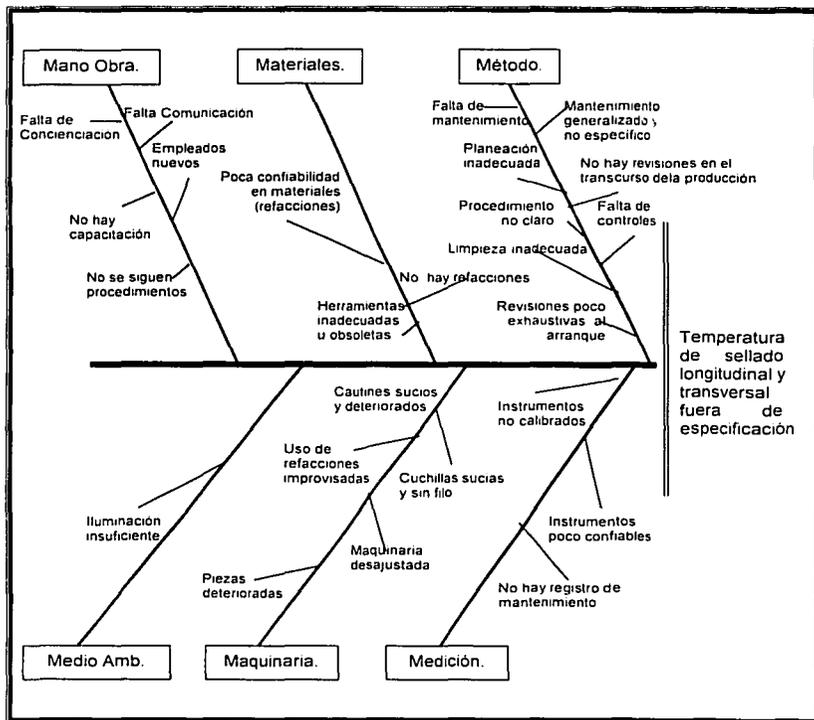


Figura 21. Diagrama causa-efecto.

Después de la construcción del diagrama causa-efecto en función a los resultados obtenidos se analiza cada una de las ramas principales teniéndose los siguientes resultados:

3.7.1. Mano de obra:

Falta de concienciación, se pudo observar que parte del personal operativo de la línea de producción presenta falta de interés y conciencia para con la elaboración de producto dentro de especificaciones pues lamentablemente muestran indiferencia y no les importa el estado final del producto.

Falta de comunicación, desafortunadamente la falta de comunicación entre el personal operativo incluso entre mandos medios y ellos no es la adecuada ya que no existe ése vinculo que permite corregir las desviaciones oportunamente, aunado a que existe personal nuevo que tarda en integrarse con el resto de sus compañeros en la línea de producción.

Empleados nuevos, a raíz de la rotación que existe en el ámbito operativo en la línea de producción algunos de los empleados no tienen bien definido su responsabilidad y falta de experiencia propician las condiciones para que se pueda incrementar la frecuencia de producto defectivo.

Falta de capacitación, desafortunadamente la falta de capacitación especializada en función de cada puesto dentro de la línea de producción incurre en elaboración de producto fuera de especificación pues la falta de conocimientos y experiencia son necesarios para disminuir la frecuencia de producto fuera de especificación.

No se siguen procedimientos, desafortunadamente el personal en frecuentes ocasiones hace caso omiso respecto a seguir los procedimientos escritos en diferentes rubros, por mencionar algunos ejemplos: al tomar una muestra o

tener que revisar algún instrumento a un determinado intervalo de tiempo ya establecido en algunas ocasiones no se hace por descuido del operador.

3.7.2. Materiales:

Poca confiabilidad en materiales y falta de los mismos, desafortunadamente algunas de las refacciones y piezas empleadas en la reparación y ajuste de la maquinaria de la línea piloto no son de proveedores confiables a consecuencia principalmente al costo de las mismas y al tiempo de entrega, siendo estas disyuntivas factores decisivos que conllevan a que el riesgo de sufrir el incremento de producto fuera de especificación sea elevado.

Algunas herramientas utilizadas en las reparaciones y ajustes a la línea piloto no son acorde con las necesidades que la línea demanda y esto ocasiona retrasos y demoras en tiempos de ajuste y reparación, pues desafortunadamente algunas de ellas son obsoletas o inadecuadas.

3.7.3. Método:

Falta de mantenimiento en algunas áreas e inexistente en otras, al efectuar una revisión en las bitácoras de mantenimiento desafortunadamente no se tiene un programa bien estructurado y definido, existen algunos registros de mantenimiento pero algunos son de fechas muy anteriores y en algunas áreas no se tiene un mantenimiento especializado toda ésta situación incrementa el riesgo de ocurrir alguna desavenencia y verse reflejada en producto fuera de especificación.

Planeación inadecuada, desafortunadamente los mandos medios y gerenciales por no tener una buena planeación y programación adecuada solicitan volúmenes de producto terminado excesivos y el personal operativo prefiere cumplir con las metas estimadas incurriendo en forzar la maquinaria y evitar tener paros por tratar de corregir desviaciones sacrificando en algunas ocasiones la calidad del producto.

Los intervalos de tiempo establecidos para las revisiones de producto terminado en el transcurso de la producción son bastante amplios los cuales se consideran poco confiables aunado a que no se tienen bien definidos algunos de los límites de trabajo para algunos controles de la línea de producción, se observó que se manejan "check list" para la revisión de la maquinaria al arranque pero desafortunadamente es muy general y omiten la revisión de algunos sistemas importantes, así mismo algunos de los procedimientos existentes no son claros, pues utilizan lenguaje poco claro para el nivel de estudios de los usuarios, generando esto que exista un rechazo y falta de apego a los mismos.

El método de limpieza utilizado es el adecuado antes del arranque de la línea piloto, sin embargo a consecuencia de la misma velocidad de producción y movimiento del personal en la operación, se llega a ensuciar la maquinaria y áreas aledañas siendo el método utilizado poco adecuado pues no se limpia eficientemente y se disminuye la eficiencia de la productividad de la línea.

3.7.4. Medio ambiente:

Se observó algunas partes de la maquinaria que integran a la línea piloto que carecen de un sistema de iluminación eficiente, pues a consecuencia de la ausencia del mismo, se observaron diferentes materiales ajenos y extraños que por falta de iluminación el personal no los retira.

3.7.5. Maquinaria:

Se visualizaron piezas deterioradas que debiesen ser cambiadas pero éstas no son retiradas hasta que se presenta un desperfecto justificándose su cambio, existen piezas improvisadas que integran parte de la maquinaria las cuales por su naturaleza no aseguran un rendimiento adecuado además que su vida útil es incierta, ya que si se llegase a tener que sustituir ésta se tendría que elaborar una pieza lo más semejante posible pues no se trata de una refacción estándar. A consecuencia de un deficiente sistema de mantenimiento se

observaron piezas desajustadas que tienen que corregirse al momento de arrancar la línea piloto ocasionando que se generen paros innecesarios y el riesgo de elaborar producto fuera de especificación.

3.7.6. Medición:

No se tienen registros sobre mantenimiento a instrumentos de medición siendo un factor decisivo para el incremento de producto fuera de especificación, por otro lado las unidades de medición de algunos de los equipos de registro no son muy específicas pues debiesen de ser más precisas y manejar unidades más pequeñas, para de ésta manera conocer con precisión el valor puntual de cada registro hecho.

3.8. El problema que se abordó fue la temperatura en el sellado tanto transversal como longitudinal por esto se elaboraron dos histogramas para cada uno de los tipos de sellado que se analizaron.

Para el sellado de la película de polipropileno biorientado se tienen los siguientes límites de especificación para la temperatura en el cuadro número 9:

Cuadro No. 9. Especificaciones de temperatura de sellado.

Especificaciones en el sellado en °C		
Mín.	Std.	Máx.
125.00	130.00	135.00

Como se tuvieron 100 datos reportados en la hoja de verificación éstos fueron acomodados en subgrupos de 10 elementos cada uno, para poder realizar el histograma correspondiente. Al tenerse 100 datos se procede a calcular el intervalo de clase el cual se calcula al obtener la raíz cuadrada del número de datos obtenidos (100 datos) teniéndose como resultado 10, pero al efectuar los cálculos quedaban algunos datos fuera de los intervalos de clase por tal motivo se decidió por tomar 11 intervalos de clase, esto se puede apreciar en el cuadro número 10.

Cuadro No. 10. Datos recabados para el sellado transversal.

Muestra número.	Muestreo de temperaturas °C.											Valor máximo	Valor mínimo
1 a la 10	115.00	118.00	125.00	126.00	124.00	127.00	129.00	129.00	133.00	132.00	134.00	134.00	115.00
11 a la 20	129.00	132.00	131.00	129.00	133.00	135.00	134.00	134.00	132.00	130.00	135.00	129.00	129.00
21 a la 30	127.00	125.00	128.00	130.00	129.00	128.00	126.00	129.00	130.00	133.00	133.00	125.00	125.00
31 a la 40	135.00	133.00	132.00	130.00	127.00	129.00	128.00	131.00	132.00	130.00	135.00	127.00	127.00
41 a la 50	129.00	133.00	134.00	136.00	130.00	128.00	127.00	129.00	128.00	130.00	136.00	127.00	129.00
51 a la 60	133.00	135.00	137.00	136.00	134.00	130.00	131.00	130.00	129.00	128.00	137.00	128.00	128.00
61 a la 70	132.00	127.00	128.00	126.00	127.00	130.00	132.00	129.00	126.00	128.00	132.00	126.00	126.00
71 a la 80	129.00	133.00	134.00	131.00	129.00	128.00	126.00	130.00	133.00	135.00	135.00	126.00	126.00
81 a la 90	136.00	133.00	129.00	134.00	131.00	127.00	128.00	126.00	132.00	130.00	136.00	126.00	126.00
91 al 100	134.00	133.00	129.00	130.00	132.00	134.00	133.00	130.00	128.00	129.00	134.00	128.00	128.00
											137.00	115.00	

El valor máximo de los datos obtenidos es de 137°C mientras que el valor mínimo fue de 115°C.

En el cuadro número 11 se presentan los datos calculados a partir de los datos recabados para el sellado transversal:

Cuadro No. 11. Resultados calculados para el sellado transversal.

Valor nominal °C (media)	Rango (Vm-Vm)	Intervalo de clase	Intervalo de clase Redond	Dim Front	Val Min °C	Val Max °C	Desv St Muestral n-1
130.12	22.00	2.2	2.20	1	115.00	137.00	12.26

El valor de la media de los datos es de 130.12°C y al ser comparado con el valor de la especificación (130°C) se encuentra 0.12 por arriba de ésta, aunque aparentemente no es significativo ésta diferencia, al analizar el dato que reporta la desviación estándar indica que en promedio 12.26°C están separados cada dato del valor de la especificación, esto atribuible a que los primeros datos reportados se encuentran fuera de los límites drásticamente ya que se trata del arranque de la máquina y el operador empieza a tratar de corregir y mantener estable la temperatura dentro de los límites de especificación. Los límites de

clase así como el histograma de los datos para el sellado transversal se observan en el cuadro número 12 y la figura 22.

Cuadro No. 12. Límites de clase para el sellado transversal.

No. Clase	Límites de clase		X ¹	Frec
	Lim Inf.	Lim. Sup.		
1	114.50	116.70	115.60	1
2	116.70	118.90	117.80	1
3	118.90	121.10	120.00	0
4	121.10	123.30	122.20	0
5	123.30	125.50	124.40	3
6	125.50	127.70	126.60	13
7	127.70	129.90	128.80	26
8	129.90	132.10	131.00	28
9	132.10	134.30	133.20	20
10	134.30	136.50	135.40	7
11	136.50	138.70	137.60	1
			TOTAL	100

Histograma de temperatura de sellado transversal.

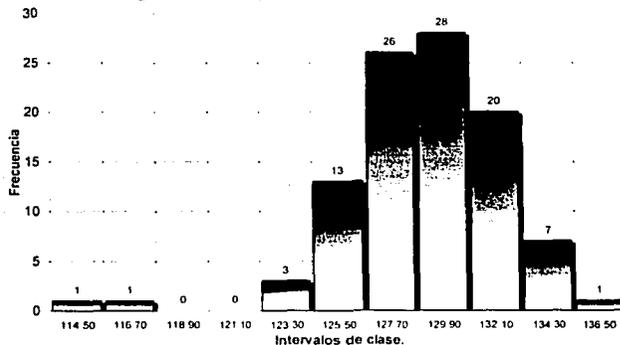


Figura 22. Histograma para el sellado transversal.

Al analizar la frecuencia de los datos en la figura 22 que se encuentran dentro de los intervalos de clase se aprecia que se tienen 3 datos fuera del límite

inferior de especificación los cuales fueron reportados al arranque de la línea, lo cual indica que el arranque de la línea esta siendo una operación que está generando producto con una temperatura de sellado deficiente reflejándose en un envase primario abierto. Por otro lado se tienen 4 datos fuera de especificación con respecto al límite superior de especificación los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de la corrida de prueba lo cual indica que no fueron variaciones seguidas como en el caso de los puntos fuera del límite inferior de especificación.

Los resultados obtenidos para el sellado longitudinal reflejados en la construcción del histograma se observan en el cuadro número 13:

Cuadro No. 13. Datos recabados para el sellado longitudinal.

Muestra numero	Muestreo de temperaturas °C.											Valor máximo	Valor mínimo
1 a la 10	117.00	119.00	123.00	125.00	124.00	129.00	134.00	135.00	137.00	134.00	137.00	137.00	117.00
11 a la 20	129.00	125.00	126.00	124.00	128.00	132.00	136.00	133.00	129.00	128.00	136.00	136.00	124.00
21 a la 30	130.00	127.00	126.00	128.00	128.00	131.00	130.00	131.00	129.00	126.00	131.00	126.00	126.00
31 a la 40	127.00	132.00	136.00	134.00	131.00	129.00	127.00	125.00	126.00	128.00	136.00	125.00	125.00
41 a la 50	134.00	132.00	130.00	128.00	129.00	126.00	129.00	132.00	134.00	133.00	134.00	126.00	126.00
51 a la 60	131.00	136.00	132.00	129.00	131.00	130.00	128.00	126.00	129.00	128.00	136.00	126.00	126.00
61 a la 70	131.00	130.00	131.00	129.00	126.00	124.00	126.00	127.00	127.00	132.00	132.00	124.00	124.00
71 a la 80	131.00	130.00	129.00	128.00	131.00	134.00	132.00	133.00	129.00	130.00	134.00	128.00	128.00
81 a la 90	128.00	126.00	129.00	125.00	132.00	130.00	133.00	132.00	135.00	134.00	135.00	125.00	125.00
91 al 100	131.00	132.00	130.00	129.00	128.00	130.00	127.00	129.00	132.00	134.00	134.00	127.00	127.00

137.00 117.00

El valor máximo de los datos obtenidos es de 137°C mientras que el valor mínimo fue de 117°C.

En el cuadro número 14 se presentan los datos calculados a partir de los datos recabados para el sellado longitudinal:

Cuadro No. 14. Resultados calculados para el sellado longitudinal.

Valor nominal °C (media)	Rango (VM-Vm)	Intervalo de clase	Intervalo de clase Redond.	Dim. Front.	Val. Min. °C	Val. Max. °C	Desv. St Muestral n-1
129.51	20.00	2	2	1	117.00	137.00	12.41

El valor de la media de los datos es de 129.51°C y al ser comparado con el valor de la especificación (130°C) se encuentra 0.49 por abajo de ésta, aunque aparentemente no es significativo ésta diferencia, al analizar el dato que reporta la desviación estándar indica que en promedio 12.41°C están separados cada dato del valor con respecto al de la especificación, esto atribuible al igual que en el caso del sellado transversal a que al arranque de la línea de producción se realizan ajustes y correcciones a la maquinaria para elaborar producto dentro de especificaciones. Los límites de clase así como el histograma de los datos para el sellado longitudinal se observan en el cuadro número 15 y la figura 23.

Cuadro No. 15. Límites de clase para el sellado longitudinal.

No. Clase	Límites de clase		X ¹	Frec.
	Lim Inf	Lim Sup		
1	116.50	118.50	117.50	1
2	118.50	120.50	119.50	1
3	120.50	122.50	121.50	0
4	122.50	124.50	123.50	4
5	124.50	126.50	125.50	13
6	126.50	128.50	127.50	17
7	128.50	130.50	129.50	25
8	130.50	132.50	131.50	21
9	132.50	134.50	133.50	12
10	134.50	136.50	135.50	5
11	136.50	138.50	137.50	1
			TOTAL:	100

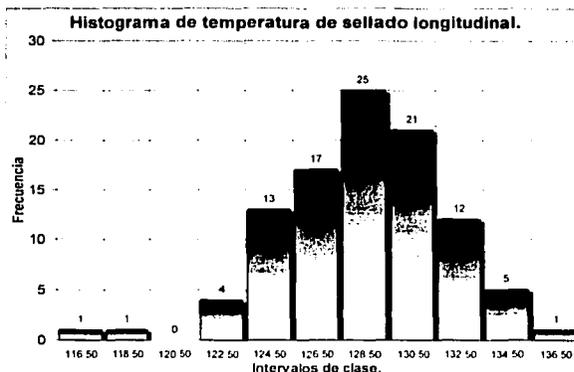


Figura 23. Histograma para el sellado longitudinal.

Al analizar la frecuencia de los datos que se encuentran dentro de los intervalos de clase se aprecia que se tienen 6 datos fuera del límite inferior de especificación los cuales 4 de ellos fueron reportados al arranque de la línea, lo cual indica que el arranque de la línea está siendo una operación que está generando producto con una temperatura de sellado deficiente reflejándose en un envase primario abierto, los otros dos datos se presentan una hora cinco minutos después y cinco horas con veinte minutos después, al ser revisada la bitácora se observa que existió cambio de bobina en éstos intervalos de tiempo lo cual ocasionó que al cambiar la bobina y colocarla se tuviera que desenergizar las mordazas y cautines para el sellado reflejándose en la presencia de temperaturas por debajo del estándar. Por otro lado se tienen 4 datos fuera de especificación con respecto al límite superior los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de la corrida de prueba lo cual indica que no fueron variaciones seguidas como en el caso de los puntos fuera del límite inferior de especificación.

3.9. Se construyó el gráfico de control correspondiente a los datos de temperatura para el sellado transversal y longitudinal, teniéndose los siguientes resultados en la figura 24 y 25:

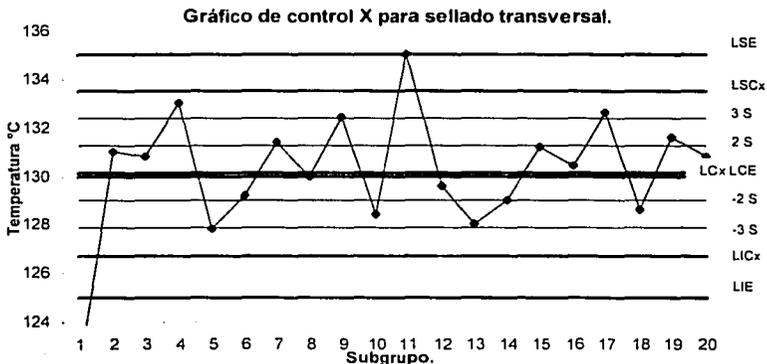


Figura 24. Gráfico de control de medias para el sellado transversal.

Se observa que el primer dato del gráfico de medias se encuentra fuera de control al estar por debajo del límite inferior de control (LICx) y así mismo fuera del límite de especificación inferior (LIE), ocasionado por los ajustes que se tienen que realizar al momento del arranque de la línea, al seguir analizando el resto de los puntos del gráfico se observa que en el punto 11 existe un incremento de la temperatura saliendo del límite superior de control inclusive alcanzando el valor del límite superior de especificación (LSE) esto atribuible a que en ese momento se tuvo una anomalía y el personal se distrajo permitiendo que la temperatura de sellado se incrementara; de manera general se observa que los puntos se distribuyen al azar por arriba y por debajo del límite central distribuyéndose en las 2σ por arriba y por debajo del límite central.

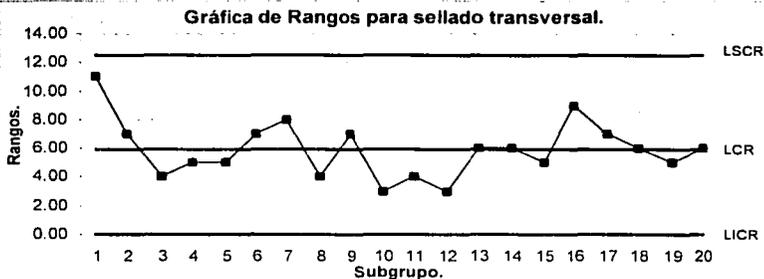


Figura 25. Gráfico de control de rangos para el sellado transversal.

Se observa en éste gráfico de la figura 25 que los primeros puntos presenta un valor alto en el rango, entonces el personal hace lo posible por tratar de mantener la temperatura de sellado dentro de especificaciones y de ahí que los valores del rango tiendan a disminuir para posteriormente manejar una distribución al azar.

El gráfico para el sellado longitudinal se encuentra representado por la figura 26



Figura 26. Gráfico de control de medias para el sellado longitudinal.

Al igual que en el gráfico de control para el sellado transversal se observa que el primer punto de la gráfica de la figura 25 se encuentra fuera de control y fuera del límite de especificación inferior (LEI), se observan ajustes drásticos que fueron efectuados en el arranque de la línea pues el primer punto se encuentra fuera de control y el siguiente punto reporta una temperatura cercana a los 34°C y vuelve a descender la temperatura próxima a los 26°C, de ahí en adelante el proceso trata de mantenerse estable y dentro de control.

Se construye el gráfico de control de rangos para el sellado longitudinal que se puede observar en la figura 27:

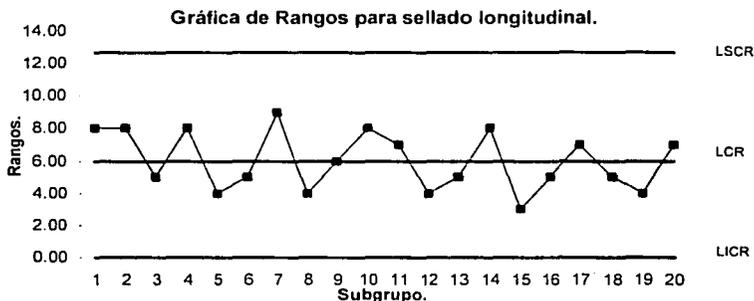


Figura 27. Gráfico de control de rangos para el sellado longitudinal.

Se observa en el gráfico de la figura 27 que ningún punto sale de los límites de control y que la distribución de puntos se encuentra por arriba y por debajo del límite central no observándose ninguna desviación, se observa una ligera similitud entre los puntos 4 al 10 y entre los puntos 11 al 17 al revisar la bitácora se observa que existió un ajuste a mordazas de sellado y por consecuencia se tuvieron que ajustar los cautines reflejándose en variaciones de temperatura.

Respecto a la capacidad de proceso potencial (Cp) y la habilidad del proceso (Cpk) se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro No. 16. Resultados de Cp y Cpk.

Tipo de sellado:	Cp.	Cpk.
Sellado transversal.	0.0593	0.0579
Sellado longitudinal.	0.0577	0.0521

Como se puede apreciar los valores para los cuatro datos son muy pequeños pues al tomar en cuenta los primeros datos del arranque de la prueba incrementa los valores de la desviación estándar y como éste dato es inversamente proporcional al valor del Cp y Cpk de ahí que los resultados resulten con un coeficiente pequeño. Ya que para que un proceso se considere hábil para cumplir con las especificaciones establecidas el valor que deberá tomar el Cpk es mayor o igual a 1.

3.10. Para poder llevar a cabo la metodología de cambio y resolver las causas por las que no se pueden alcanzar las metas y objetivos propuestos por la dirección, fue ineludible el empleo de algunas herramientas administrativas básicas para administrar la calidad, las cuales permitieron cuantificar las fallas, evaluar la corrida de prueba imparcialmente, y encontrar las áreas de oportunidad en la línea piloto.

Al hacer uso de la técnica de fotografías y la de tarjetas (Roja/Azul/Amarilla) se pudieron vislumbrar las siguientes fallas y áreas de oportunidad proponiendo las medidas correctivas siguientes:

Se pone de manifiesto que es imperante el establecimiento de programas de mantenimiento más exhaustivos y dirigidos a partes de la máquina de manera específica, ya que un simple "chequeo" por parte del operador antes de la

puesta en marcha de la máquina no asegura un desempeño adecuado de ésta, es necesario la elaboración de documentos Check list que permitan evaluar de una manera rápida y segura todas las partes de la máquina incluyendo puntos críticos de control.

Los instrumentos de medición localizados en las diferentes partes de línea piloto, deberán ser calibrados pues como se pudo observar en la corrida de prueba existe una incertidumbre sobre la confiabilidad de los resultados así mismo es necesario que se manejen unidades más pequeñas en el caso de la temperatura de sellado para de ésta manera tener un resultado más puntual.

Es menester implementar un intervalo de tiempo definido que permita ajustar y calibrar el extrusador del helado para evitar que el dosificador junto con la rebanadora elabore producto fuera de especificación (espesor de la rebanada.)

La limpieza de la boquilla del extrusador del helado es fundamental pues las temperaturas a las que se manejan son de -5°C , lo cual provoca que la acumulación de humedad convertida en hielo obstruya el paso del helado.

Es necesario la implementación de un programa de limpieza enfocado a las mordazas y cuchillas de la máquina al momento de estar en marcha la línea de producción, ya que como se pudo observar en las fotografías, éstas se encuentran sucias y provocan que su eficiencia disminuya favoreciendo el incremento de producto fuera de especificación.

Es primordial instaurar la cultura de un área de trabajo limpia y segura con todo el personal que labora y tiene relación con la línea de producción, buscando evitar la acumulación de suciedad y erigir el hábito de limpieza en la máquina cuando ésta se llegue a ensuciar mientras se encuentre operando, con el objetivo de evitar la acumulación de impurezas que mengüe la eficiencia en el desempeño de la máquina incurriendo en contratiempos, paros e incluso el riesgo potencial de un accidente laboral.

Es necesario capacitar al personal en el área de reparaciones menores de la línea de producción, con el objetivo de que ellos puedan corregir rápidamente las desviaciones que se puedan llegar a suscitar al momento de estar operando la máquina. Es fundamental poner especial énfasis en el personal de nuevo ingreso el cual debe ser capacitado en las operaciones que realiza la máquina. Además es importante crear en el personal la conciencia necesaria sobre la producción con calidad así como una comunicación entre supervisores y trabajadores, pues en varias ocasiones el desinterés y la apatía favorecen la proliferación de situaciones problemáticas reflejándose en el incremento de producto fuera de especificaciones.

El personal encargado de realizar el muestreo de producto en la línea de producción tendrá que efectuarlo a intervalos menores de tiempo para poder corregir oportunamente las desviaciones que se lleguen a suscitar y hacer un análisis de las causas posibles para poder corregir y diagnosticar las medidas adecuadas a ser tomadas.

Es imperante que las herramientas que utilice el personal que labora en la línea de producción sean acordes a las especificaciones (dimensiones, formas, tamaños) además de las particularidades de cada parte de la línea de producción pues desafortunadamente no se cuenta en muchos casos con la herramienta necesaria para dar solución inmediata.

Es ineludible que las piezas y refacciones que sean utilizadas en la línea de producción provengan de proveedores confiables, pues muchas de éstas son improvisadas y no ofrecen ninguna seguridad en su desempeño.

Algunos de los procedimientos relacionados con la línea de producción lamentablemente son poco claros para el personal operativo, generando esta situación el rechazo para el seguimiento de éstos, es necesario escribirlos en un lenguaje claro y sencillo que permita al trabajador entenderlos y aplicarlos de una manera adecuada.

Al efectuar las actividades precursoras a la corrida de prueba en la línea piloto (evaluación de materias primas), se observó que algunos de los insumos cuando son rechazados no se identifican de una manera adecuada incurriendo en el riesgo de ser utilizados por error originando la manufactura de producto fuera de especificación.

La iluminación donde se encuentra localizada la línea piloto es deficiente ya que es un factor fundamental en el incremento de producto fuera de especificación, pues al momento de llevar a cabo una reparación en la línea, dar mantenimiento y limpiarla; una iluminación suficiente y adecuada permite realizar éstas operaciones de una manera más exhaustiva, poniendo al descubierto las deficiencias y fallas que se puedan llegar a presentar. Por otro lado al momento de la puesta en marcha y elaboración de producto permite vislumbrar claramente los problemas que se puedan llegar a suscitar.

3.11. Referente a la verificación de materias primas empleadas en la elaboración del producto en la línea piloto se obtuvieron los siguientes resultados:

3.11.1. Bobina BOPP Perlescente nuevo Logo, fueron aprobadas para su uso 15 bobinas teniéndose 2 rechazadas por estar fuera de especificación (pantone), y 1 por encontrarse con un ancho de bobina menor al mínimo con respecto a las especificaciones, pues ésta situación conlleva a que la máquina al momento de elaborar el envase primario rompa y por otro lado incurra en un sellado longitudinal deficiente incrementando la frecuencia de producto fuera de especificación.

3.11.2. Galleta sabor chocolate para Sándwich, fueron aprobados para su uso 15 cajas de galleta sabor chocolate para sándwich y se rechazó una caja por presentar piezas de galleta fracturada.

3.11.3. Base para helado sabor vainilla 6%G.V., Porcentaje de aire al (Overrun) 60% (± 5), se analizó y se observó dentro de especificaciones.

3.12. El día 9 de Marzo del 2001 a las 6:00 hrs. se llevó a cabo la corrida de prueba en la línea piloto terminando a las 14:20hrs. del mismo día con una duración de 8 horas con 20 minutos, dicha prueba tuvo como objetivo el poder recopilar los datos en el transcurso de la producción para posteriormente hacer un análisis minucioso de éstos, las muestras que fueron analizadas se efectuaron a intervalos de 5 minutos al final de la banda ($\Delta T = 5$ min.), y se empleo la hoja de verificación HV-01 ver figura 28 para el llenado de los resultados.

Hoja de verificación. Prueba de temperaturas de sellado.				Tipo de especificación utilizada		D. J. I. M. S. T.			
				N.º de especificación		N.º de especificación			
				Número		S. M. J. O.			
				Forma de especificación		N.º de especificación			
Producto	Medición de tiempo	Inicio	DE 00 a M	Intervalo de tiempo	1 a 5 min				
Fecha de prueba	08 Mar 01	hr. Terminar	02:20:00 p.m	Muestra	Intervalario				
Especificaciones de temperatura en análisis de producto				Producto: helado de vainilla 6% G.V.					
Mín.				125 CC					
Máx.				130 CC					
Mód.				135 CC					
				Producto: helado de vainilla 6% G.V.					
				1.1. Procedimiento de análisis de producto					
				Producto: helado de vainilla 6% G.V.					
				Mód. No. Control					
M. No	H. Hora	Temperatura	Temperatura	ST	M. No	H. Hora	Temperatura	Temperatura	ST
1	06:05	122	119	FL	51	10:15	129	128	DE
2	06:10	123	123	FL	52	10:20	132	130	DE
3	06:15	128	126	DE	53	10:25	134	131	DE
4	06:20	126	130	DE	54	10:30	132	133	DE
5	06:25	130	134	DE	55	10:35	130	130	DE
6	06:30	125	131	DE	56	10:40	133	129	DE
7	06:35	132	127	DE	57	10:45	131	127	DE
8	06:40	130	128	DE	58	10:50	130	126	DE
9	06:45	127	130	DE	59	10:55	129	130	DE
10	06:50	131	134	DE	60	11:00	132	131	DE
11	06:55	133	131	DE	61	11:05	131	130	DE
12	07:00	130	130	DE	62	11:10	130	132	DE
13	07:05	127	127	DE	63	11:15	131	133	DE
14	07:10	130	130	DE	64	11:20	130	131	DE
15	07:15	133	128	DE	65	11:25	131	134	DE
16	07:20	129	129	DE	66	11:30	129	128	DE
17	07:25	131	127	DE	67	11:35	130	136	FL
18	07:30	128	134	DE	68	11:40	131	131	DE
18	07:35	132	131	DE	69	11:45	132	129	DE
20	07:40	134	130	DE	70	11:50	134	131	DE
21	07:45	131	129	DE	71	11:55	132	130	DE
22	07:50	127	127	DE	72	12:00	131	127	DE
23	07:55	129	131	DE	73	12:05	131	127	DE
24	08:00	128	130	DE	74	12:10	130	130	DE
25	08:05	128	128	DE	75	12:15	132	128	DE
26	08:10	129	132	DE	76	12:20	131	132	DE
27	08:15	132	128	DE	77	12:25	132	130	DE
28	08:20	128	130	DE	78	12:30	130	130	DE
29	08:25	133	133	DE	79	12:35	128	136	DE
30	08:30	131	131	DE	80	12:40	130	129	DE
31	08:35	131	129	DE	81	12:45	131	127	DE
32	08:40	133	129	DE	82	12:50	128	133	DE
33	08:45	129	130	DE	83	12:55	128	130	DE
34	08:50	127	131	DE	84	13:00	127	130	DE
35	08:55	130	130	DE	85	13:05	131	128	DE
36	09:00	127	128	DE	86	13:10	130	130	DE
37	09:05	129	127	DE	87	13:15	131	127	DE
38	09:10	133	128	DE	88	13:20	130	128	DE
39	09:15	128	129	DE	89	13:25	127	127	DE
40	09:20	131	131	DE	90	13:30	130	128	DE
41	09:25	133	130	DE	91	13:35	131	128	DE
42	09:30	128	128	DE	92	13:40	131	128	DE
43	09:35	131	126	DE	93	13:45	130	130	DE
44	09:40	128	130	DE	94	13:50	132	136	FL
45	09:45	128	128	DE	95	13:55	130	132	DE
46	09:50	127	131	DE	96	14:00	129	130	DE
47	09:55	128	128	DE	97	14:05	131	129	DE
48	10:00	130	129	DE	98	14:10	136	128	DE
48	10:05	127	128	DE	99	14:15	132	132	DE
50	10:10	129	128	DE	100	14:20	131	131	DE

Figura 28. Hoja de verificación utilizada en la segunda corrida de prueba.

3.13. Se abordó el problema del sellado transversal como longitudinal se elaboraron dos histogramas para cada uno de los tipos de sellado que se analizaron. Para el sellado de la película de polipropileno biorientado se tienen los siguientes límites de especificación en el cuadro número 17:

Cuadro No. 17. Especificaciones de temperatura de sellado.

Especificaciones de temperatura en el sellado °C.		
Min.	Std.	Máx.
125.00	130.00	135.00

Al igual que en la primer corrida de prueba de la línea piloto se manejaron la misma cantidad de datos para evitar algún error por esto se tuvieron 100 datos reportados en la hoja de verificación los cuales fueron acomodados en subgrupos de 10 elementos cada uno (ver cuadro número 18), para poder realizar el histograma correspondiente. Al tenerse 100 datos se procede a calcular el intervalo de clase el cual se calcula al obtener la raíz cuadrada del numero de datos obtenidos (100 datos) teniéndose como resultado 10, pero al efectuar los cálculos quedaban algunos datos fuera de los intervalos de clase por tal motivo se decidió por tomar 11 intervalos de clase.

Cuadro No. 18. Datos recabados para el sellado transversal.

Muestra número.	Muestreo de temperaturas °C										Valor máximo.	Valor mínimo.
1 a la 10	122.00	125.00	128.00	126.00	130.00	129.00	132.00	130.00	127.00	131.00	132.00	122.00
11 a la 20	133.00	130.00	132.00	130.00	131.00	129.00	131.00	128.00	132.00	134.00	134.00	128.00
21 a la 30	131.00	130.00	129.00	126.00	128.00	129.00	132.00	128.00	133.00	131.00	133.00	126.00
31 a la 40	131.00	133.00	129.00	127.00	130.00	127.00	129.00	133.00	128.00	131.00	133.00	127.00
41 a la 50	133.00	128.00	131.00	128.00	129.00	127.00	131.00	130.00	127.00	128.00	133.00	127.00
51 a la 60	129.00	132.00	134.00	132.00	130.00	133.00	131.00	130.00	129.00	126.00	134.00	126.00
61 a la 70	131.00	130.00	131.00	130.00	131.00	129.00	130.00	131.00	132.00	134.00	134.00	129.00
71 a la 80	130.00	127.00	131.00	130.00	132.00	131.00	132.00	130.00	129.00	130.00	132.00	127.00
81 a la 90	131.00	128.00	126.00	127.00	131.00	129.00	131.00	132.00	127.00	130.00	132.00	126.00
91 al 100	129.00	131.00	130.00	132.00	130.00	129.00	131.00	130.00	132.00	130.00	132.00	129.00

El valor máximo de los datos obtenidos es de 134°C mientras que el valor mínimo fue de 122°C. En el cuadro número 19 se presentan los datos calculados a partir de los datos recabados para el sellado transversal:

Cuadro No. 19. Resultados calculados para el sellado transversal.

Valor nominal °C (media)	Rango (VM-Vm)	Intervalo de clase	Intervalo de clase Redond	Dim. Front.	Val. Min °C	Val. Max °C	Desv St Muestral n-1
129.90	12.00	1.2	1.20	1	122.00	134.00	4.51

El valor de la media de los datos es de 129.90°C y al ser comparado con el valor de la especificación (130°C) se encuentra 0.10 por abajo del valor, aunque aparentemente no es significativo ésta diferencia, al analizar el dato que reporta la desviación estándar indica que en promedio 4.51°C están separados cada dato del valor de la especificación, al igual que en la primer corrida de prueba se tiene el primer dato fuera de los límites de especificación ocasionando que el valor de la desviación se incremente, los límites de clase así como la representación gráfica del histograma se aprecian en el cuadro número 20 y la figura 29.

Cuadro No. 20. Límites de clase para el sellado transversal.

No. Clase	Límites de clase		X ¹	Frec.
	Lim Inf.	Lim Sup.		
1	121.50	122.70	122.10	1
2	122.70	123.90	123.30	0
3	123.90	125.10	124.50	1
4	125.10	126.30	125.70	4
5	126.30	127.50	126.90	8
6	127.50	128.70	128.10	9
7	128.70	129.90	129.30	14
8	129.90	131.10	130.50	42
9	131.10	132.30	131.70	12
10	132.30	133.50	132.90	6
11	133.50	134.70	134.10	3
12	134.70	135.90	135.30	0
TOTAL:				100

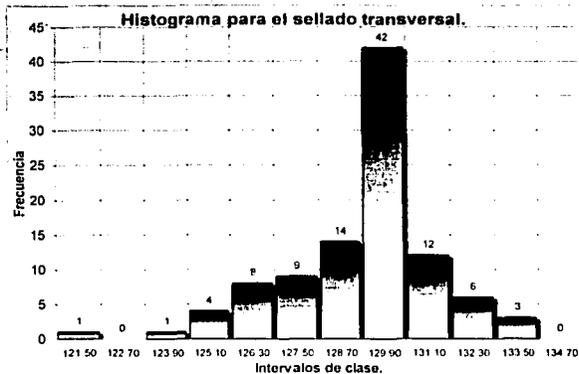


Figura 29. Histograma para el sellado transversal.

Al analizar la frecuencia de los datos que se encuentran dentro de los intervalos de clase se aprecia que se tiene 1 dato fuera del límite inferior de especificación el cual corresponde al inicio de la prueba (arranque de la prueba), pero únicamente se presenta ésta situación una vez, por otro lado no se tiene ningún dato cuyo valor exceda el límite superior de especificación teniéndose datos hasta el valor de 134°C, la distribución que presenta el histograma se puede considerar como normal pues asemeja claramente el contorno de una, la distribución de datos donde se ubica una frecuencia de datos mayor se encuentra próxima al valor central de la especificación.

Los resultados obtenidos para el sellado longitudinal reflejados en la construcción del histograma se aprecian el cuadro número 21:

Cuadro No. 21. Datos recabados para el sellado longitudinal.

Muestra número.	Muestreo de temperaturas °C.											Valor máximo	Valor mínimo.	
1 a la 10	118.00	123.00	126.00	130.00	134.00	131.00	127.00	129.00	130.00	134.00	134.00	118.00	134.00	118.00
11 a la 20	131.00	130.00	127.00	130.00	129.00	130.00	127.00	134.00	131.00	130.00	134.00	127.00	134.00	127.00
21 a la 30	129.00	127.00	131.00	130.00	128.00	132.00	129.00	130.00	133.00	131.00	133.00	127.00	133.00	127.00
31 a la 40	129.00	129.00	130.00	131.00	130.00	128.00	132.00	136.00	129.00	131.00	136.00	128.00	136.00	128.00
41 a la 50	130.00	129.00	126.00	130.00	129.00	131.00	130.00	129.00	126.00	129.00	131.00	126.00	131.00	126.00
51 a la 60	128.00	130.00	131.00	133.00	130.00	129.00	127.00	129.00	130.00	131.00	133.00	127.00	133.00	127.00
61 a la 70	130.00	132.00	133.00	131.00	135.00	131.00	136.00	132.00	129.00	131.00	136.00	129.00	136.00	129.00
71 a la 80	130.00	129.00	127.00	130.00	131.00	132.00	128.00	130.00	134.00	129.00	134.00	127.00	134.00	127.00
81 a la 90	127.00	133.00	130.00	129.00	128.00	130.00	127.00	130.00	127.00	129.00	133.00	127.00	133.00	127.00
91 al 100	126.00	128.00	130.00	136.00	132.00	130.00	128.00	129.00	132.00	130.00	136.00	126.00	136.00	118.00

136.00 118.00

El valor máximo de los datos obtenidos es de 136°C mientras que el valor mínimo fue de 118°C.

En el cuadro número 22 se presentan los datos calculados a partir de los datos recabados para el sellado longitudinal:

Cuadro No. 22. Resultados calculados para el sellado longitudinal.

Valor nominal °C (media)	Rango (VM-Vm)	Intervalo de clase	Intervalo de clase Redond	Dim Front	Val Min °C	Val Max °C	Desv St Muestral n-1
129.84	18.00	1.8	2	1	118.00	136.00	6.67

El valor de la media de los datos es de 129.84°C y al ser comparado con el valor de la especificación (130°C) se encuentra 0.16 por abajo de ésta, aunque aparentemente no es significativo ésta diferencia, al analizar el dato que reporta la desviación estándar indica que en promedio existen 6.67°C de separación de cada dato con respecto al de la especificación, esto se aprecia en el cuadro número 23 y la figura 30.

Cuadro No. 23. Límites de clase para el sellado longitudinal.

No. Clase	Límites de clase		X ¹	Frec.
	Lim inf.	Lim. Sup.		
1	117.50	119.30	118.40	1
2	119.30	121.10	120.20	0
3	121.10	122.90	122.00	0
4	122.90	124.70	123.80	1
5	124.70	126.50	125.60	4
6	126.50	128.30	127.40	16
7	128.30	130.10	129.20	45
8	130.10	131.90	131.00	14
9	131.90	133.70	132.80	11
10	133.70	135.50	134.60	5
11	135.50	137.30	136.40	3
			TOTAL:	100

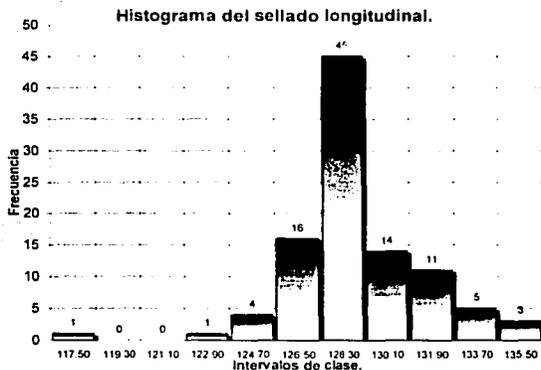


Figura 30. Histograma para el sellado longitudinal.

Al analizar la frecuencia de los datos que se encuentran dentro de los intervalos de clase se aprecia que se tienen 2 datos fuera del límite inferior de especificación los cuales corresponden al arranque de la línea, lo cual indica que el arranque de la línea sigue generando producto fuera de especificación aunque la frecuencia es menor. Por otro lado se tienen 3 datos fuera de

especificación con respecto al límite superior los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de la corrida de prueba lo cual indica que no fueron variaciones seguidas como en el caso de los puntos fuera del límite inferior de especificación.

3.1.4. Se construyó el gráfico de control correspondiente a los datos de temperatura para el sellado transversal y longitudinal, teniéndose los siguientes resultados en la figura 31:

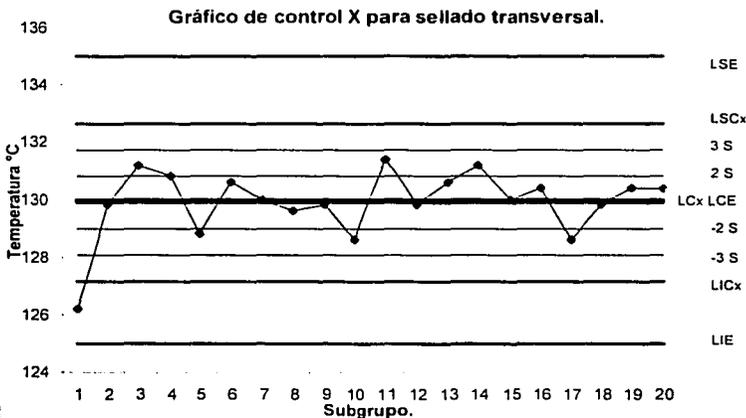


Figura 31. Gráfico de control de medias para el sellado transversal.

Se observa que el primer punto de la grafica de la figura 31 se encuentra fuera de control, al estar por debajo de limite inferior de control (LIC) así como fuera del limite inferior de especificación (LIE), siendo un reflejo de que la operación en el arranque no ha sido controlada plenamente. Se observa un ligero cambio de nivel del punto 10 al 11 pero se mantiene dentro del subnivel 2S considerándose estable el proceso, el resto de los puntos presentan una distribución aleatoria por arriba y por debajo del limite central.

Se elabora el gráfico de rangos correspondiente para el sellado transversal representado por la figura 32.

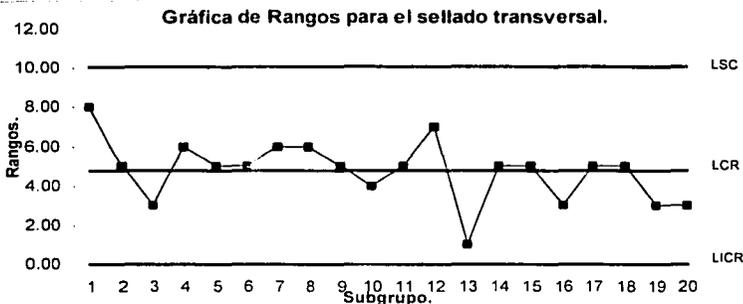


Figura 32. Gráfico de control de rangos para el sellado transversal.

Se observa en el gráfico de rangos de la figura 32 que el primer punto presenta un valor relativamente alto en el rango, siendo reflejo de que todavía la operación de arranque no es controlada, cabe señalar que existen 6 puntos continuos por arriba del límite central de control correspondientes a los puntos 4 al 9, al revisar la bitácora y averiguar con el personal operativo no mencionan que halla ocurrido algún evento extraordinario o anormal en el intervalo de tiempo donde se reportan los datos. Se observa un cambio ligeramente brusco de nivel entre los puntos 12 y 13 sin salir de los límites de control, de ahí los siguientes puntos presentan un comportamiento estable aunque cuatro de ellos presentan un comportamiento similar pero dentro de especificaciones.

Se construye el gráfico de control para el sellado longitudinal representado por la figura 33.

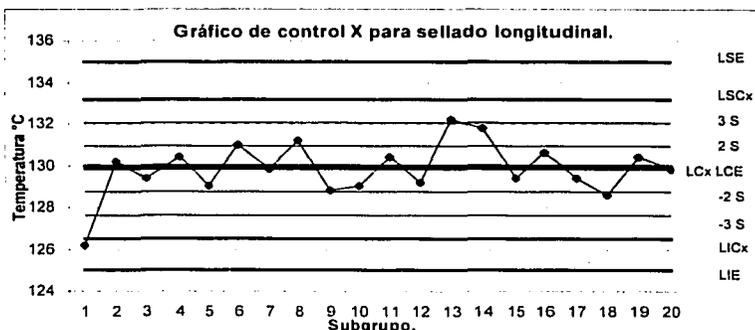


Figura 33 Gráfico de control para medias para el sellado longitudinal:

Se observa que el primer punto de la gráfica se encuentra fuera de control con respecto al límite inferior de control LIC o no así con respecto al límite inferior de especificación LIE se observan cambios bruscos en la gráfica y la distribución de los datos se observa al azar por arriba y por debajo del límite central de especificación, por otro lado se observa que la mayoría de los datos se distribuyen entre la primera y segunda S, reflejando que la variabilidad ha disminuido.

A continuación se presenta el grafico de rangos para el sellado longitudinal representado por la figura 34.

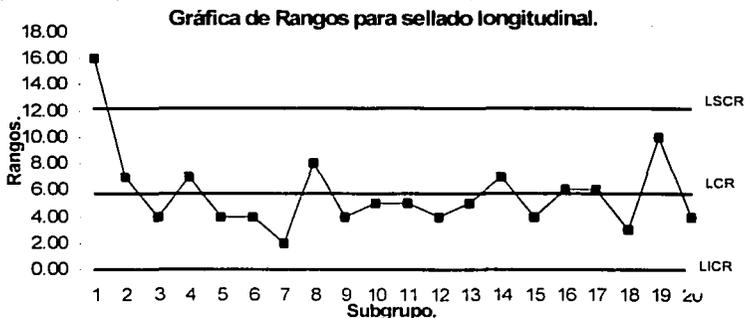


Figura 34 Gráfico de control de rangos para el sellado longitudinal.

Se observa que el primer punto de la gráfica de la figura 34 se encuentra fuera de control con un valor de 16°C esto a consecuencia que por tratarse del inicio de la prueba no se tuvo una temperatura dentro de especificaciones, a consecuencia de que la diferencia entre el valor mayor y menor para éste punto fue de 16°C, teniendo como datos 118°C y 134°C. esto claro reflejo que el operador hizo todo lo posible por incrementar la temperatura de los caudines y mordazas en un tiempo muy corto y por tal motivo inclusive por poco sale de la especificación de temperatura con respecto al limite superior de especificación. Se observa un ligero cambio de nivel entre el punto 7 y 8 así como en el punto 18 y 19, al averiguar con los operadores respecto a la naturaleza de los datos y si había ocurrido algún exabrupto o anomalía mencionaron que no hubo nada anormal. De manera general la grafica presenta un comportamiento estable sin presentar puntos fuera de especificación a excepción del primer punto.

Se realiza una comparación entre los gráficos de control al efectuar la colocación de los puntos de los puntos de la segunda prueba dentro de la gráfica de la primera prueba para observar claramente como disminuye la variabilidad del proceso.

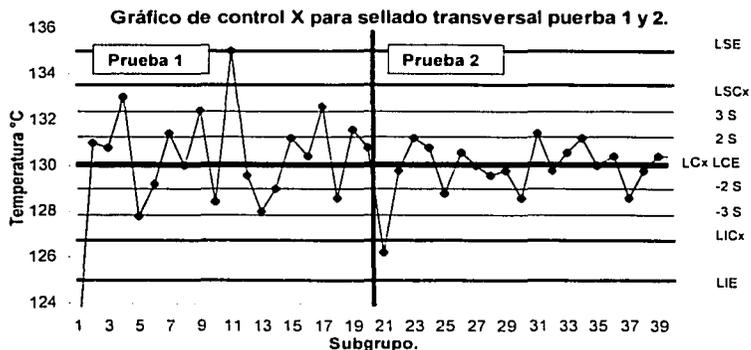


Figura 35. Gráfico de control para medias con datos de 1ª. 2ª. Sello Trans.

Se observa claramente en la gráfica de la figura 35 que la variabilidad entre de los puntos de la segunda prueba disminuye con respecto a los de la primera, se observa que nuevamente el primer punto de la segunda corrida al igual que en el caso de la primera empieza fuera del límite inferior de control LIC a consecuencia de ser el arranque de la línea, para el caso de los datos de la segunda prueba éstos no salen del 2σ , reflejándose en la disminución de la variabilidad.

Así mismo se construye el gráfico de control de rangos correspondiente para el sellado transversal representado por la figura 36.

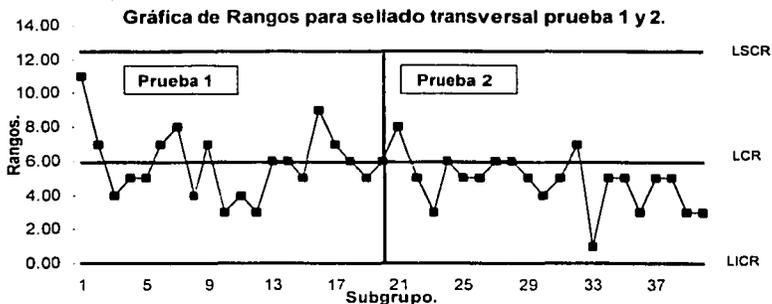


Figura 36. Gráfico de control para rangos con datos de 1ª. y 2ª. Sello Trans.

Se observa en la figura 36 que los puntos que integran la gráfica se encuentran dentro de los límites de control, en la primera parte de la gráfica existen valores de rango ligeramente mayores con respecto a los valores de la segunda prueba, se observan valores de 11, 9 y 8 los cuales ponen de manifiesto que existen diferencias ligeramente drásticas entre los valores de la prueba uno dentro del rango. Para el caso de la segunda prueba los valores de los puntos disminuyen a consecuencia de que los datos tienen valores más homogéneos lo que permite al calcular los rangos valores más pequeños, se observa que al arranque de la prueba se tiene un ligero aumento en el valor del primer punto a consecuencia de que los operadores tratan de que se alcance la temperatura dentro de especificaciones teniéndose un valor de 8.

Se construye el gráfico de control comparativo de medias para el sellado longitudinal representado por la figura 37.

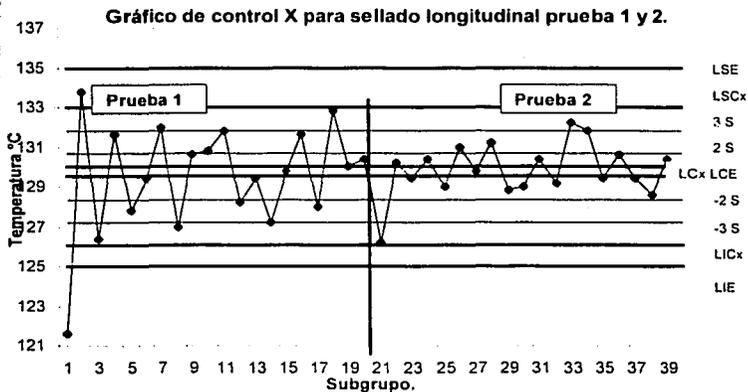


Figura 37. Gráfico de control para medias con datos de 1ª. 2ª. Sello long.

Al analizar la gráfica de la figura 37 se observa que en los puntos que corresponden a la primera prueba existe una variabilidad mayor que con respecto a los datos de la segunda prueba, se observa que el primer punto de la gráfica se encuentra fuera de control mientras que para el caso de la gráfica de la segunda prueba se observa el primer punto en el límite inferior de control, se aprecia claramente que el valor promedio de los datos en la segunda prueba disminuyó pero sigue existiendo un ligero descontrol al momento de la puesta en marcha de la línea piloto. Se observa que los datos de la primera gráfica se distribuyen dentro de las 3σ mientras que para el caso de la segunda gráfica se distribuyen hasta la 2σ , y se tiene únicamente un punto en la zona 3σ .

Se construye el gráfico de control comparativo de rangos para el sellado longitudinal representado por la figura 38.

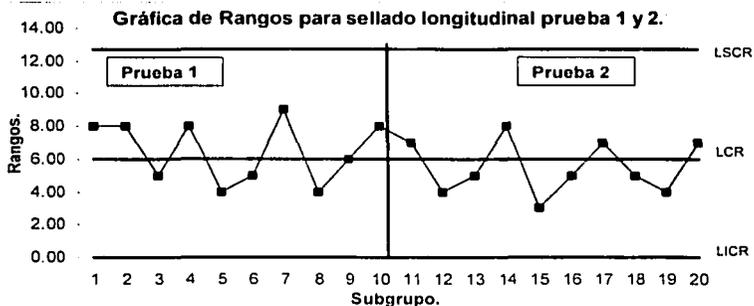


Figura 38. Gráfico de control para rangos con datos de 1ª. y 2ª. Sello long.

Se observa en ésta gráfica de la figura 38 que los valores entre los datos mayores y menores de cada punto no se encuentran tan separados entre si reflejándose en valores de rangos relativamente pequeños tanto en la primer prueba como en la segunda, pues en los puntos de la primer prueba se observan rangos que alcanzan valores hasta 10 y 8°C mientras que en la segunda prueba los puntos presentan un rango menor, así mismo no se percibe ninguna desviación o anomalía dentro de la gráfica que pudiera indicar que el proceso se encuentra inestable o fuera de control.

Respecto a la capacidad de proceso potencial (C_p) y la habilidad del proceso (C_{pk}) se tienen los siguientes resultados en el cuadro número 24:

Cuadro No. 24. Resultados para Cp y CPk.

Tipo de sellado:	Cp.	Cpk.
Sellado transversal.	0.3132	0.3070
Sellado longitudinal.	0.2561	0.2480

Al analizar los datos reportados en el cuadro número 24 se puede apreciar que los valores de las primeras lecturas (comienzo de la prueba) inferen en los resultados reportados, se aprecia que los valores de habilidad de proceso Cpk aun están distantes del valor de 1 (lo cual aseguraría que la línea de producción es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas).

3.15 - 3.17 Se realiza una comparación entre la frecuencia de productos defectuosos antes y después de las mejoras implementadas, desviación estándar, capacidades y habilidades de proceso.

Cuadro No. 25. Frecuencia de producto fuera de especificación.

	Antes de las mejoras.	Después de las mejoras.	% de disminución después.
Frecuencia de producto fuera de especificación	14	5	64.28

Se observa en el cuadro número 25 una disminución del 64.28% de frecuencia de producto fuera de especificación lo cual indica que las medidas que fueron aplicadas brindaron resultados positivos.

Cuadro No. 26. Comparación de resultados estadísticos:

	Antes de las mejoras.		Después de las mejoras.	
	Sellado transversal.	Sellado longitudinal.	Sellado transversal.	Sellado longitudinal.
Desviación estándar.	12.26	12.41	4.51	6.67
Capacidad potencial de proceso Cp.	0.05937	0.05779	0.31328	0.25619
Habilidad de proceso Cpk.	0.05790	0.05210	0.30700	0.24800

Al analizar los resultados del cuadro número 26, se observa que la desviación estándar para el sellado transversal disminuye considerablemente pasando de 12.26 a 4.51°C o sea una 63.21% menos, para el caso del sellado longitudinal se tenía 12.41 y disminuye a 6.67 o sea 46.25% menos. Como se puede apreciar en los valores reportados en el cuadro número 26, a consecuencia que se disminuyó la frecuencia de producto fuera de especificación principalmente al arranque de las pruebas se disminuyó considerablemente la desviación estándar permitiendo que en promedio los datos tuvieran una menor variabilidad.

Respecto a la capacidad potencial de proceso Cp para el sellado transversal se tiene un valor de 0.05937 y aumenta a 0.31328 o sea se incrementa porcentualmente hablando un 560.5524% es decir 5.6 veces el valor inicial que se tenía. Para el sellado longitudinal se tenía en un principio un valor de 0.05779 y después de las mejoras implementadas se obtiene un valor de 0.25619 o sea un aumento de 443.31%, aproximadamente 4.43 veces el valor inicial que se tenía, aunque éstos datos son una estimación pues el dato que refleja la habilidad real y no la estimada es el valor del Cpk, pero permite dar una idea general de que las mejoras implementadas permitieron disminuir la

cantidad de producto fuera de especificación así como minimizar la variabilidad de los datos.

En el caso de la habilidad de proceso Cpk, se tiene que en un principio para el sellado transversal el valor de 0.05790 y al ser implementadas las mejoras se tiene un resultado de 0.30700 equivaliendo al 530.22% de mejora, es decir 5.3 veces el valor inicial. Para el sellado longitudinal originalmente se tenía un valor de 0.05210 para posteriormente alcanzar un valor de 0.24800 equivalente a 476.00%, siendo aproximadamente 4.76 veces de incremento el valor inicial que se tenía.

El emplear las medidas correctivas adecuadas en las áreas de oportunidad detectadas permite tener un mejor control de las diferentes variables que pueden afectar a un proceso productivo, cuyo objetivo primordial es disminuir la frecuencia de producto fuera de especificación y reducir la variabilidad de los resultados de cada lectura para que de ésta manera la desviación estándar se aminore asegurando que el proceso pueda cumplir plenamente las especificaciones establecidas.

CONCLUSIONES:

El uso de polímeros plásticos como envase es cada vez más frecuente en la industria y para el caso de la de alimentos no es la excepción, específicamente en la industria de helados una opción que ha tomado auge son las películas de polipropileno las cuales a sus características y costo han sido ampliamente utilizadas, a raíz de que pueden ser modificadas en su composición y estructura surge una nueva familia de películas las cuales tiene la particularidad de que en su estructura se maneja una biorientación la cual les confiere características ampliamente demandadas por la industria pues se incrementa la impermeabilidad al vapor de agua, la resistencia al rasgado, resistencia a ácidos y bases orgánicas, una buena resistencia a la tensión y elongación, presenta un rendimiento peso volumen excepcional siendo hoy en día un material ampliamente solicitado, así mismo presenta un excelente manejo a bajas temperaturas pues como se trata de envasar un producto cuyas condiciones de almacenamiento y transportación se encuentran por debajo de los -18°C es fundamental contar con un material que soporte dichas temperaturas y no permita la permeabilidad al vapor de agua. Una variable que hay que controlar para el óptimo desempeño de estas películas es la temperatura de fusión, la cual va a ser la limitante para incurrir en la generación de producto fuera de especificación, para el caso de la película de polipropileno biorientado la temperatura de sellado debe oscilar entre 110°C a 140°C como máximo ya que si se incrementa esta temperatura el material tiende a fundirse involucrando la pérdida de sus propiedades así como una deformación de la película, ya que el copolímero sufre alteraciones en su estructura y se ven afectadas sus propiedades como material sellante, a consecuencia de esto se maneja una temperatura de sellado con un rango de operación de 125°C - 135°C , pues de ella depende la inviolabilidad del envase y de esta manera asegurar la calidad del producto a envasar, fue por esta razón que se planteó toda una metodología para encontrar las causas que originan el incremento de la frecuencia de producto fuera de especificación relacionado con la

temperatura de sellado fuera de parámetros, desafortunadamente el ritmo de trabajo de la industria así como la toma de decisiones de los directivos, no permite efectuar una planeación adecuada para la solución de éste tipo de problemas justificándose en la obtención de datos reales aunque a largo plazo es más costoso éste tipo de pruebas, pues es necesario primeramente elaborar un plan de trabajo donde se vislumbren y se propongan las mejoras a través del planteamiento experimental, diagramar, así como estimar en un momento dado los resultados esperados antes de efectuar cualquier tipo de experimentación práctica, desafortunadamente la manera de trabajar de la industria se basa en la experimentación y corridas de prueba, posterior a éstas es como se analizan las causas que propician el problema y son tomadas las medidas correctivas,

Fue por esto en el presente proyecto se hizo una adecuación de una metodología estadística apegándose a los requerimientos y formas de trabajo dictaminadas por los directivos y gerencias involucradas con el problema de sellado de películas de polipropileno biorientado.

El efectuar una corrida experimental de prueba permitió a través del uso de diferentes herramientas estadísticas el poder vislumbrar las causas y los tipos de interrelaciones que pueden darse entre las diferentes causas que originan el problema en estudio, una vez encontradas las circunstancias y las posibles soluciones propuestas se hace una valoración del impacto de las mismas para implementar planes de corrección dirigidos a las áreas de oportunidad detectadas, cabe señalar que un factor decisivo en la selección de las soluciones son el costo de las mismas para la empresa, finalmente una vez seleccionadas las medidas correctivas se aplican y se evalúa la repercusión de las mismas a través de herramientas estadísticas todo con el objetivo de reducir la frecuencia de producto fuera de especificación y lograr tener un proceso productivo estable y dentro de parámetros.

Es importante cumplir con el periodo de tiempo de muestreo establecido pues en algunas ocasiones la premura y el ritmo de trabajo dificultan la toma de muestras, siendo un factor decisivo en los resultados. Así mismo es fundamental evitar tener mediciones falsas ya sea por falta del instrumento de medición adecuado o por negligencia del operador al recabar la información

En frecuentes ocasiones el tratar de cumplir con los requisitos de producción estimados presiona al personal operativo a evitar paros para corregir las anomalías y fallas que se pueden llegar a presenta, y en caso de presentarse se efectúan paliativos o remiendos que no resuelven la causa raíz del problema, sino que solamente permite seguir con el plan de producción establecido teniéndose ésta practica muy común y repercutiendo directamente en el incremento de la frecuencia de producto fuera de especificación. Pues si lo que se busca es cumplir con una cantidad y fecha que se genera en una orden o plan de producción para un producto y no importa si éste cumple con las especificaciones solicitadas, es mejor no perder el tiempo en la elaboración de programas estadísticos, dado que es una pérdida de tiempo y costo para la empresa, pues el empleo de éstas herramientas es dar una guía al operador de cómo se esta elaborando el producto, es importante que al hacer esto se haga de una manera responsables pues en un momento dado puede llegar a tomar medidas correctivas en caso de que se requiera o bien dejar solo el proceso cuando se esté elaborando el producto adecuadamente, ésta actitud ante lo producido tendrá un impacto directo en beneficio de la calidad de su trabajo y por consiguiente del producto.

Al efectuar una análisis de las causas y las mejoras que deben ser aplicadas se tuvieron dos grandes grupos, aquellas que no pueden ser medidas cuantitativamente es decir subjetivas dentro de las cuales se tiene relación con el factor humano como lo es la falta de interés, comunicación, capacitación, así como los relacionados con la maquinaria: falta de mantenimiento, procedimientos no claros, refacciones poco confiables, planeación inadecuada.

Por otro lado se tiene aquellas que si pueden ser mensurables y cuantificadas como lo es la evaluación de las muestras, evaluación de materias primas, el plantear intervalos más estrictos de muestreo, la validación de los instrumentos encargados del registro de datos, un aspecto primordial que se pudo apreciar es que el instrumento a cargo de registrar la temperatura no manejaba tolerancias de decimales y para el caso de requerir una mayor certeza en los datos es menester contar con los instrumentos si lo ofrecen.

El uso de herramientas estadísticas permite analizar cuantitativamente las causas y circunstancias que prevalecen al analizar una producción dada, ya que se puede determinar la frecuencia de algún defecto en específico utilizándose el Diagrama de Pareto.

El Diagrama Causa-Efecto permite analizar claramente las variables y causas que suscitan la el surgimiento de un problema, mediante las "6 M" (*Materiales, Mano de Obra, Métodos, Medición, Medio Ambiente, Maquinaria*) visualizando el problema y sus causas desde un panorama más amplio, para poder así brindar las medidas correctivas pertinentes.

La utilización de un histograma permite conocer mediante el análisis de una gráfica de barras el comportamiento de la frecuencia de datos y tipo de distribución que se da entre ellos, empleado sublímites entre el dato mayor y el dato menor. Así mismo la desviación estándar permite conocer que tan retirados se encuentran los datos obtenidos de las especificaciones establecidas, y finalmente el C_p y C_{pk} permiten conocer la capacidad del proceso y la habilidad del mismo que nos permite saber que si nuestro proceso es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas a través de un dato puntual. Para el caso particular de éste trabajo se pudo observar que las especificaciones se encuentran con una tolerancia mayor, con respecto a los límites de control calculados, pudiéndose tomar como una medida de mejora el

reducir los límites de especificación para que de ésta manera sean más similares los límites de control con los de especificación.

El empleo de herramientas estadísticas permite a través de cálculos y resultados interpretar cuantitativamente la situación de cualquier proceso productivo, para que sean tomadas las medidas correctivas y es aquí donde se unen los diferentes factores como lo es el humano para poder así llevar a cabo las mejoras y planes de muestreo que permitan asegurar la elaboración de productos dentro de especificaciones y tener un proceso productivo estable y dentro de especificaciones.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Bowker, A.H. (1972). *Engineering Statics*. U.S.A.: N.J. Prentice Hall
2. Byrne, M. (1999). Envases del siglo 21. *Alimentos procesados*. 9, 40-45.
3. Ferrante, M. (1998). Packaging & Food, finding the perfect relationship. *Food Engineering*., 11, 67-72.
4. Grant, L.E. y Leavenworth, R.S. (1980). *Statistical Quality Control*, USA, McGraw-Hill Company.
5. Izquierdo, J. (1999). El consumidor de hoy demanda mayores atributos en los envases. *Alimentos procesados*. 3, 34.
6. Kume, Hitoshi (1993). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*, Bogotá Colombia , Ed. Norma
7. Martín, K. (1999). El nuevo milenio se empieza con envases flexibles. *Alimentos procesados*. 6, 49-54.
8. Mercado, A. (1999). Películas de varias capas. *Empaque performance*. 10, 30-34.
9. Palacios, M., Aguirre, R. (1999). Aspectos importantes en control de calidad, para películas plásticas en la industria del empaque. *Empaque performance*. 1, 26-31.
10. Plastivida (2001). *Polímeros plásticos usos y aplicaciones*, Argentina, Página Internet www.plativida.com.ar.
11. Rodríguez Tarango José (1998), *Interacción Envase Producto*, *Empaque Performance*. México, 8, 81-83,
12. Rodríguez, T.J.A. (1997). *Manual de ingeniería y diseño de envase y embalaje*. México.: D.F. Ed. Packaging Ingeniería de envase y embalaje 3ª. Edición.
13. Rodríguez, M. (1998). *Empaques y plásticos flexibles*. México.:D.F. Centro empresarial del plástico.
14. Séller, L. (1999). El embalaje con películas, *Empaque performance*. 8, 5-9.

15. Vázquez, M., Seguí, B. (1997). Películas presentes en el empaque de alimentos. *Empaque performance*. 2, 9-10.
16. Yanun, A., Castillo S. (1998). El futuro viene con envase nuevo. *Alimentos procesados*. 3, 22-30.