

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA
LÍNEA DE GALLETAS EN UNA EMPRESA DE CONSUMO
MASIVO**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller:

Diane Elizabeth Aliaga Aliaga

Asesor: José Alan Rau Álvarez

Lima, febrero de 2015

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el análisis, diagnóstico, y propuesta de mejoras en el proceso productivo de una línea de galletas en una empresa del sector consumo masivo.

Este caso de estudios se enfoca en optimizar el proceso productivo mediante la aplicación de herramientas estadísticas y herramientas de calidad con la finalidad de reducir los desperdicios y generar ahorros para la empresa.

El análisis realizado se centró en dos familias de productos las cuales representan el 70% de la producción de la Línea. En el análisis de la Familia 1 se identificó que los límites de las gráficas de control están desactualizados para lo cual se propone gráficas de control con límites que satisfagan los requerimientos del proceso además se identificó que la distribución en la zona de preparación de masas no es la adecuada para lo cual se propone la modificación de la misma.

Así mismo, para la Familia Graneles se identificó que la mayor cantidad de desperdicios se genera en la etapa del laminado para lo cual se propone realizar el cambio de la banda transportadora de la máquina laminadora y el reproceso de la merma que se genera en la zona.

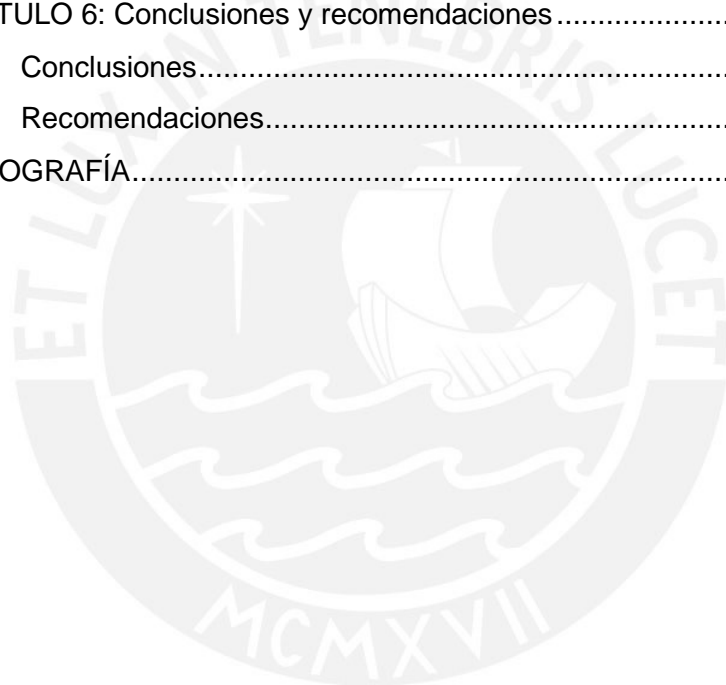
Además se propone la aplicación de gráficas de control para la medición del porcentaje de desperdicios de la Familia 1. Luego, mediante círculos de calidad se plantearealizar análisis de causa raíz con las personas involucradas en el proceso y así tomar las medidas correctivas y preventivas que se requieran de forma inmediata. Esta última propuesta tiene la posibilidad de reapiquese en las demás líneas de la empresa para el análisis de cada familia de productos.

Los principales resultados estimados a partir de las mejoras planteadas indican una reducción considerable en la cantidad de producto rechazado y en el porcentaje de desperdicios que se genera. En términos económicos se estima como un resultado en conjunto un ahorro que asciende los 161 mil nuevos soles durante el primer año el cual a través de la mejora continua de los procesos se irá incrementando durante los siguientes años.

ÍNDICE

Índice de tablas	iii
Índice de figuras	iv
CAPÍTULO 1: Marco teórico	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Mejora continua de los procesos	5
1.3. Herramientas para el mejoramiento de la calidad.....	6
1.3.1. Diagrama de Pareto	6
1.3.2. Histograma	7
1.3.3. Diagrama Causa – Efecto.....	8
1.3.4. Checklist.....	9
1.3.5. Diagrama de dispersión.....	10
1.3.6. Diagrama de flujo	10
1.3.7. Gráficas de control	10
1.4. Gráficas de control	11
1.5. Capacidad del proceso.....	15
CAPÍTULO 2: Descripción de la empresa	17
2.1. La empresa	17
2.2. Descripción de la organización de la empresa.....	18
2.3. Descripción del proceso principal	20
2.4. Indicadores de rendimiento del proceso	23
CAPÍTULO 3: Análisis y diagnóstico de la situación actual	30
3.1. Selección de las familias de productos a analizar.....	30
3.2. Identificación del problema principal.....	31
3.2.1. Análisis realizado para la Familia 1.....	31
3.2.2. Análisis realizado para la Familia Graneles	35
3.3. Identificación de las causas que generan el problema principal	36
3.3.1. Para la Familia 1.....	36
3.3.2. Para la Familia Graneles:	57
CAPÍTULO 4: Propuesta de mejora	63
4.1. Propuesta de mejora para la familia 1	63
4.1.1. Actualización de especificación de pesos en laminado.....	63

4.1.2.	Mejora del proceso de almacenamiento de chispas de chocolate	70
4.1.3.	Implementación un guiador de galletas	74
4.1.4.	Propuesta de límites de control	77
4.2.	Propuesta de mejora para la familia Graneles	82
4.2.1.	Alternativa 1	82
4.2.2.	Alternativa 2	87
4.3.	Propuesta de réplicas a otras líneas de productos	90
CAPÍTULO 5: Evaluación económica		94
5.1.	Impacto económico de las mejoras para la Familia 1	94
5.2.	Impacto económico de las mejoras para la familia Graneles	97
CAPÍTULO 6: Conclusiones y recomendaciones		98
6.1.	Conclusiones	98
6.2.	Recomendaciones	99
BIBLIOGRAFÍA		101



Índice de tablas

Tabla 1: Indicadores para la familia de productos en análisis	32
Tabla 2: Cantidad de merma de familia Graneles registrada durante 30 días	36
Tabla 3: Lluvia de Ideas.....	37
Tabla 4: Mediciones de altura de galletas	43
Tabla 5: Resumen de análisis estadístico de altura de galletas por zonas.....	44
Tabla 6: Mediciones de porcentaje de humedad de galletas.....	45
Tabla 7: Evaluación de causas que generan galleta quemada	48
Tabla 8: Promedio de pesos por fila.....	52
Tabla 9: Resumen de análisis estadístico de pesos de galleta por filas	53
Tabla 10: Evaluación de causas que generan problemas en el laminado	54
Tabla 11: Especificaciones de control de pesos de laminado	56
Tabla 12: Cantidad de merma en la etapa de Laminado para la Familia Graneles	61
Tabla 13: Peso promedio de galleta cocida según especificación actual	64
Tabla 14: Peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta	67
Tabla 15: Cantidad de desperdicios en bandas de enfriamiento	76
Tabla 16: Porcentaje de merma y desperdicios de Familia 1 luego de las mejoras.....	78
Tabla 17: Indicadores de 2010 a 2014 de Familia 1.....	81
Tabla 18: Propuesta de límites de control.....	81
Tabla 19: Indicadores de Familia Graneles situación actual	85
Tabla 20: Indicadores de Familia Graneles situación propuesta 1	85
Tabla 21: Costo de alternativa 1 familia Graneles.....	87
Tabla 22: Costo de alternativa 2 familia Graneles.....	89
Tabla 23: Matriz de evaluación de alternativas de solución	90
Tabla 24: Costos relevantes de implementación para propuesta de mejora de Familia 1	95
Tabla 25: Flujo Neto de las mejoras para la Familia 1	96
Tabla 26: Flujo de mejora para familia Graneles.....	97

Índice de figuras

Figura 1: Kaizen e Innovación.....	5
Figura 2: Diagrama de Pareto.....	7
Figura 3: Histograma	8
Figura 4: Diagrama causa- efecto.....	9
Figura 5: Gráfica de control típica	11
Figura 6: Pruebas para causas atribuibles gráficas I-MR	16
Figura 7: Organigrama del área de Producción	19
Figura 8: DOP galleta con chispas de chocolate.....	24
Figura 9: Estructura del Waterfall.....	28
Figura 10: Diagrama de Pareto de la demanda anual de la Línea 2	30
Figura 11: Distribución de indicadores	33
Figura 12: Registro semanal de desperdicios	34
Figura 13: Detalle de registro semanal de desperdicios.....	35
Figura 14: Identificación de los problemas presentes en cada etapa del proceso	
Figura 15: Diagrama de Pareto de cantidad de desperdicios para la Familia 1	39
Figura 16: Distribución de galletas por fila en las bandas transportadoras.....	41
Figura 17: Prueba de Normalidad de porcentaje de humedad de galletas	46
Figura 18: Gráfica de control de humedad de galletas	46
Figura 19: Análisis de capacidad de humedad de galleta	47
Figura 20: Diagrama Causa – Efecto para la generación de galleta quemada.....	
Figura 21: Diagrama Causa – Efecto para la variabilidad de los pesos en el laminado....	
Figura 22: Diagrama de Pareto de mermas por Zonas para la familia Graneles	58
Figura 23: Banda de salida de rotocortador	59
Figura 24: Textura de la banda de laminado.....	60
Figura 25: Prueba de normalidad de la merma en Laminado.....	61
Figura 26: Gráfica de control para las mermas en Laminado	62
Figura 27: Prueba de normalidad de peso promedio de galleta cocida según especificación actual.....	65
Figura 28: Gráfica de control de peso promedio de galleta cocida según especificación actual.....	65
Figura 29: Análisis de capacidad de peso promedio de galleta cocida según especificación actual.....	66

Figura 30: Prueba de normalidad de peso promedio de galleta cocida según especificación propuesta	68
Figura 31: Gráfica de control de peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta	69
Figura 32: Análisis de capacidad de peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta	70
Figura 33: Ubicación actual	71
Figura 34: Ubicación propuesta	74
Figura 35: Guiador de galletas.....	75
Figura 36: Prueba de normalidad para el porcentaje de mermas de Familia 1.....	79
Figura 37: Límites de control para el porcentaje de mermas de la Familia 1	79
Figura 38: Recolección y reproceso de recorte de masa	84
Figura 39: Procedimiento para el registro y análisis de reporte de mermas	92



INTRODUCCIÓN

La industria de la elaboración de galletas se ha convertido en un sector competitivo. Para que una empresa en este rubro pueda seguir manteniendo su posición en el mercado debe buscar la mejora continua de sus procesos, con la finalidad de ofrecer productos de mejor calidad y a su vez reducir sus costos de producción.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar el análisis del aprovechamiento de materiales en la producción de galletas en una empresa de consumo masivo. La metodología consiste en analizar los diferentes problemas en el proceso productivo, luego identificar las causas que generan estos problemas para luego realizar propuestas para mejorar el aprovechamiento de materiales con lo que se busca disminuir los costos de producción.

En el capítulo 1 se presentará los conceptos sobre los cuales se basa este trabajo. Se describirá las herramientas de calidad que se emplearán en el análisis y luego en las propuestas de mejora.

En el capítulo 2, se presentará la descripción de la empresa, la forma en que está organizada. Así mismo, se detallará el proceso principal y los indicadores de control del mismo.

En el capítulo 3, se presentará el análisis del desempeño histórico de la producción y se seleccionará la línea de producto a evaluar. A continuación, se determinarán las causas principales de los problemas en el proceso productivo, los cuales generan la disminución del rendimiento de materiales en el proceso productivo.

En el capítulo 4, se realizarán propuestas de mejora a partir de las oportunidades de mejora identificadas en el diagnóstico anterior. Este capítulo tiene como objetivo reducir y/o eliminar las pérdidas generadas por el bajo aprovechamiento de materiales. Así mismo, se busca que este trabajo de investigación se pueda replicar en las otras líneas de productos.

En el capítulo 5, se presentará el análisis del impacto económico que generará la propuesta de implementación de las mejoras planteadas. Se evaluará el costo de

implementación frente al beneficio que se podría obtener por la implementación con lo cual se podrá determinar el ahorro que se logrará para la empresa.

Finalmente, en el capítulo 6 se presentarán las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.



CAPÍTULO 1: Marco teórico

Las empresas se encuentran en la constante búsqueda de la mejora de sus procesos para lo cual se han desarrollado distintas herramientas y metodologías. En el siguiente capítulo se describe un caso aplicativo realizado anteriormente. Luego, se describe cómo está orientada la mejora de procesos. Finalmente, se exponen algunas herramientas de calidad que pueden ser utilizadas durante el proceso de análisis y propuesta de mejoras del caso en estudio.

1.1. Antecedentes

En el artículo *“Process Goal Charts for Quality Improvement Programmes”*, White, Kaighobadi y Warthon (1994) proponen el uso de “Gráficas por objetivos” como una extensión a las “Gráficas de Control”.

White et al. Mencionan que las “Gráficas de control” reportan cualquier cambio como fuera de control, pero no brindan la información si esto es negativo o positivo.

Las “Gráficas por objetivos” siguen la metodología similar al de las Gráficas de control pero adicionalmente se establecen objetivos cada cierto periodo que permiten medir el progreso de las mejoras y comprar lo planificado versus lo logrado.

Li, Qiu, Wang y Chatterjee (2014) también mencionan que las gráficas de control solo reportan cuando un proceso está fuera de control pero no diferencian si este cambio ha sido positivo o negativo. A partir de ello las “Gráficas por objetivos” también pueden ser una herramienta útil en la actualidad.

Los autores explican la aplicación de los siete pasos a través de un ejemplo hipotético de un proceso de envasado de cajas de cereal de 14 onzas. La variable de calidad que se seleccionó para el ejemplo fue el peso neto de cada caja. Las especificaciones establecen que el peso neto debe ser como mínimo 13.5 oz y no mayor a 14.5 oz. Los siete pasos aplicados por los autores White et al. (1994) se explicarán a continuación:

1. Establecer la distribución actual del proceso

Se usa una muestra de preferencia mayor a 25 para determinar la distribución del proceso actual. Para el caso en estudio se determinó que la distribución del proceso es Normal

2. Especificar la meta de la distribución del proceso

A continuación se establece una distribución meta del proceso basada en el objetivo de las mejoras específicas de calidad. Los objetivos deben establecerse en términos numéricos según lo siguiente:

- El porcentaje deseado de productos fuera de especificación para el programa de mejora
- La media objetivo del proceso
- La desviación estándar objetivo del proceso

3. Calcular los límites de control deseados (objetivos)

Consiste en establecer los límites de control que se desean alcanzar para el gráfico de control que se está empleando. Estos objetivos permitirán medir la diferencia entre lo logrado y la situación actual.

4. Planificar el patrón de cambio y establecer el “Gráfico por objetivos”

Una vez que se han definido los objetivos y el tiempo deseado para alcanzar estos objetivos se puede aplicar diferentes enfoques o herramientas de mejora como por ejemplo: círculos de calidad, diseño de experimentos, análisis de causa raíz, etc.

5. Utilizar el “Gráfico por objetivos” para administrar el programa de mejora

La metodología utilizada para los “Gráficos por objetivos” es similar a la de las gráficas de control. Sin embargo, la interpretación difiere en cierto modo. Un punto fuera de los límites de control significa que la velocidad o el efecto de las mejoras de los procesos no está de acuerdo a lo planificado.

6. Estabilizar y evaluar

Una vez que se ha alcanzado el objetivo o el tiempo planeado, se debe detener por un momento el proceso de mejora continua para poder estabilizar el proceso.

7. Iterar

Con el desarrollo y aplicación de las “Gráficas por objetivos” los autores han podido mostrar que las “Gráficas por objetivos” tienen efectos positivos en el éxito de los programas de mejora de la calidad. Así mismo, una ventaja de las “Gráficas por objetivos” es que no solo permiten sino que requieren el desarrollo de objetivos específicos y explícitos. Además esta herramienta es un vehículo que aclara y precisa la evaluación del desempeño de procesos.

1.2. Mejora continua de los procesos

El concepto de realizar correcciones solo cuando el sistema falla ha quedado atrás. Por el contrario, ahora nos encontramos en una etapa en la que la mejora de procesos es un proceso continuo que se va desarrollando día a día.

Como mencionó W. Edward Deming “Necesitamos un mejoramiento continuo que nunca termine... con el fin de establecer una economía mejor”.

Bonilla (2010) define a la mejora continua de los procesos como una estrategia de la gestión empresarial que consiste en buscar mecanismos sistemáticos para mejorar el desempeño de los procesos.

Según Imai (1992) el mejoramiento se puede dividir en Kaizen e innovación. Kaizen significa mejoras pequeñas realizadas a lo largo de la etapa de un proceso que se obtiene como resultado de aplicar esfuerzos. Por otro lado, la innovación implica mejoras drásticas por lo que requiere una mayor inversión.

Bonilla (2010) explica que las empresas atraviesan por periodos de innovación, cambiando el *statu quo* en forma profunda y sobre estos cambios se aplica la mejora continua Kaizen.

La Figura 1 esquematiza ambos procesos de mejora.

La mejora continua *Kaizen* es una filosofía japonesa que abarca todas las actividades de una empresa. La aplicación de esta metodología contribuye a disminuir las debilidades y afianzar las fortalezas de una organización para que pueda ser más productiva.

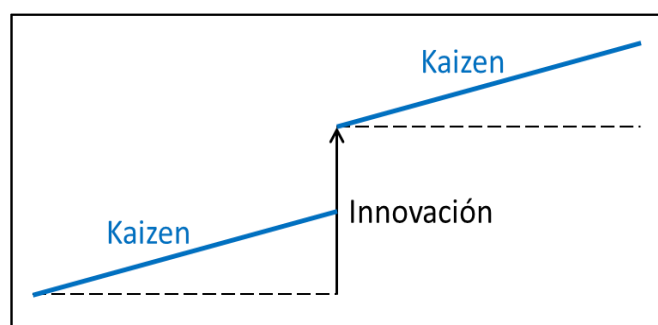


Figura 1: *Kaizen* e Innovación

Fuente: Bonilla (2010)

Bonilla (2010) refiere que las características principales del Kaizen son las siguientes:

- Motiva la participación de los trabajadores en la solución de problemas.
- Promueve el pensamiento orientado a los procesos, ya que al mejorar los procesos se logra mejorar los resultados.
- No requiere de herramientas sofisticadas, se puede desarrollar mediante el uso de las siete herramientas de control de calidad.
- La resolución de problemas enfoca las causas raíces.
- Tiene como objetivo la satisfacción de los clientes, por ello busca elevar la calidad y productividad de los procesos.

1.3. Herramientas para el mejoramiento de la calidad

Las herramientas de la calidad son un conjunto de técnicas y gráficas utilizadas para la solución de problemas. A continuación se pretende explicar algunas de ellas.

Syduzzaman et al. (2014) muestran la gran utilidad que tienen estas herramientas para identificar y analizar los problemas en la calidad que se pueden presentar lo cual muestra que a pesar del tiempo estas herramientas todavía están vigentes.

1.3.1. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un gráfico que permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función del impacto que tienen sobre un aspecto determinado. (Bonilla, 2010).

Wilfredo Pareto, un economista italiano, enunció que el 80 por 100 de la riqueza está en manos del 20 por 100 de la población. A partir de ello, Velasco (2010) indica que al enfocarnos en los “pocos asuntos vitales” se conseguirá la máxima eficacia y rendimiento de los esfuerzos dedicados.

Para construir un gráfico como el de la Figura 2 se deben seguir los siguientes pasos. (Velasco, 2010)

- Seleccionar el origen de los datos, podría ser información histórica o actual y el tamaño de la muestra que se analizará.
- Ordenar los elementos (datos) de mayor a menor.

- Calcular el porcentaje que representa cada elemento en función del total.
- Construir un diagrama de barra:
 - ✓ Colocar el tanto por ciento en importancia como altura de la barra (ordenadas).
 - ✓ Colocar los elementos en el eje horizontal, del más grande al más pequeño.
- Analizar los resultados obtenidos.

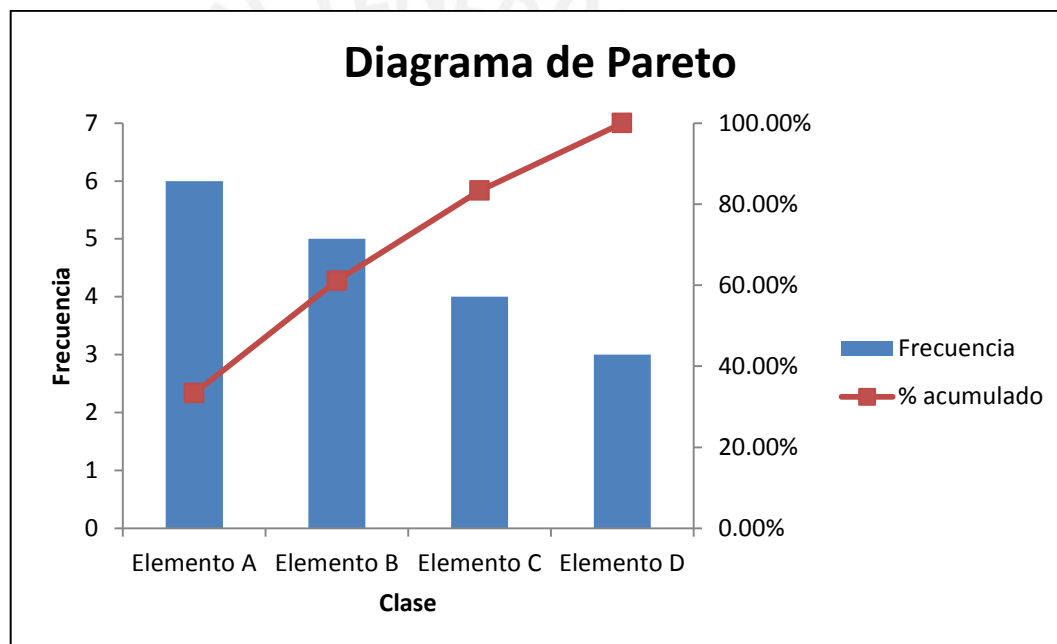


Figura 2: Diagrama de Pareto

Fuente: Bonilla (2010)

1.3.2. Histograma

El histograma es una herramienta que permite describir la variación que se presenta en un conjunto de datos. A través de diagramas de barras muestra la frecuencia con que se presentan los datos y permite tener una visión general de la distribución de los datos escogidos para la muestra como se muestra en la Figura 3.

Guajardo (2008) plantea que esta herramienta puede ser utilizada para lo siguiente:

- Para tener una visualización de la variabilidad de los datos respecto al promedio.
- Para comparar los datos reales obtenidos con las especificaciones del proceso.
- Para comparar dos grupos de datos con la finalidad de plantear conclusiones.

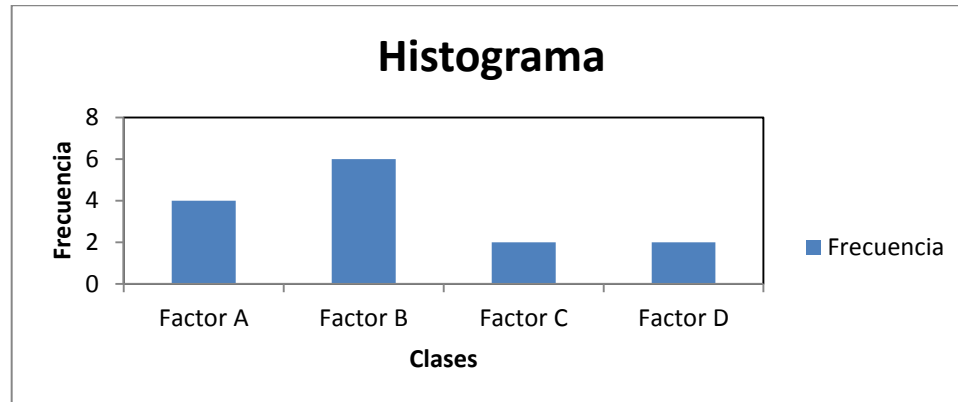


Figura 3: Histograma
Fuente: Guajardo (2008)
Elaboración propia

1.3.3. Diagrama Causa – Efecto

El diagrama de causa - efecto también denominado “Diagrama de Ishikawa” es una herramienta útil para identificar y clasificar las causas reales de los problemas. Estos diagramas permiten comprender la situación actual de un tema, identificar los problemas y luego abordar las causas que los generen.

Estos diagramas agrupan las causas de los problemas generalmente en cinco aspectos: materiales, maquinaria y equipos, métodos de operación, mano de obra y medio ambiente. Sin embargo, no se deben delimitar a estos, se podría descomponer los problemas en cualquier clasificación que sea relevante para el análisis. (Ozeki, 1992).

El diagrama de causa-efecto se puede desarrollar de acuerdo a los siguientes pasos propuestos por Ozeki (1992):

- Primero definir el tema principal que se va a abarcar.

- Escribir las características de los efectos que causan el problema. En lo posible tratar de ser lo más específico posible.
 - Determinar las características que afectan al problema principal y definir las categorías que se van a abordar en recuadros.
 - Dibujar flechas dirigidas hacia cada categoría determinada. Cada una de estas flechas representan las causas del problema que se está evaluando.
- Bonilla (2010), plantea que se puede utilizar la técnica de “lluvia de ideas” para poder profundizar en el detalle de las causas, ya que es una metodología sencilla de aplicar y ampliamente práctica.
- Una vez elaborado el diagrama, se recomienda realizar una revisión para asegurarse que no se haya omitido algún factor. De ser este el caso, se debe incluir en el análisis.

En la Figura 4 se muestra una representación del diagrama causa – efecto.

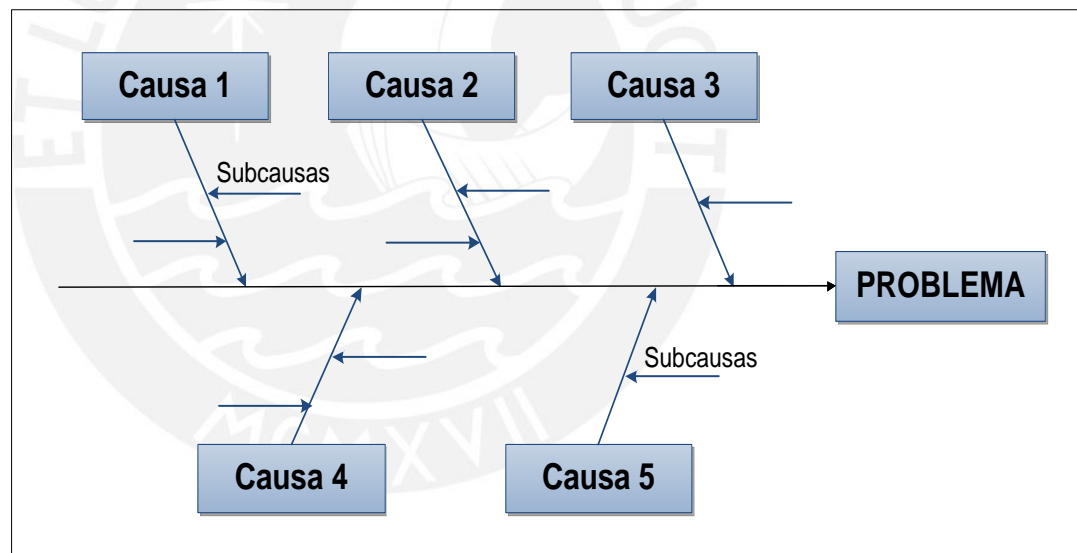


Figura 4: Diagrama causa- efecto

Fuente: Ozeki (1992)

Elaboración propia

1.3.4. Checklist

El Checklist o también denominado hoja de verificación es un formato elaborado para la recolección y el análisis de datos que pueden ser empleados para una gran variedad de propósitos.

Syduzzaman et al. (2014) definen a esta herramienta como una herramienta sencilla pero eficaz que permite recopilar información específica sobre los defectos que se pueden encontrar durante la producción. Por ejemplo, si se observa un defecto de forma recurrente se puede emplear un checklist para medir el número de veces que ocurre este defecto por máquina o por operador lo cual puede ayudar a identificar donde ocurren los defectos para luego concentrarse en solucionar el problema.

1.3.5. Diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión es la herramienta que mide el grado de relación entre dos variables.

Este diagrama está representado por una serie de puntos en la que una variable se encuentra en el eje “x” y la otra en el eje “y”. La forma en la que los puntos se encuentran dispersos en los cuadrantes representa el tipo de relación entre las variables que puede ser positiva o negativa. Por ejemplo, el incremento de la velocidad de producción y la cantidad de defectos pueden tener correlación positiva ya que a mayor velocidad en el proceso productivo se podría presentar mayor número de defectos

1.3.6. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica en la que se muestran todos los pasos de un proceso de trabajo. Además es una herramienta visual fácil de usar y comprender. Al representar los pasos necesarios para una operación permiten estandarizar los procesos para que todos puedan realizar una operación siguiendo las mismas actividades establecidas.

1.3.7. Gráficas de control

Las gráficas de control muestran cómo cambian los procesos a través del tiempo para identificar si el proceso se encuentra bajo control o no.

Magar y Shinde (2014) manifiestan que las gráficas de control indican cuando dejar un proceso seguir su curso de por sí solo y cuando tomar medidas para corregir el proceso.

A continuación se describirá a mayor detalle las gráficas de control.

1.4. Gráficas de control

Bonilla (2010) define las gráficas de control o también conocidas como cartas de control como una representación gráfica de una o más características de la calidad en un proceso a lo largo del tiempo. Esta representación permite analizar la variabilidad y el comportamiento del proceso alrededor de un valor medio y dentro de los límites de control.

La aplicación más importante de las cartas de control es proporcionar información para la mejora del proceso ayudando a identificar cómo se puede reducir la variabilidad del proceso (Montgomery, 2005).

En la Figura 5, se muestra un gráfico de control típico que permite llevar el registro de una determinada característica de la calidad. Este gráfico permite identificar las variaciones naturales y las que se deben a causas atribuibles al proceso.

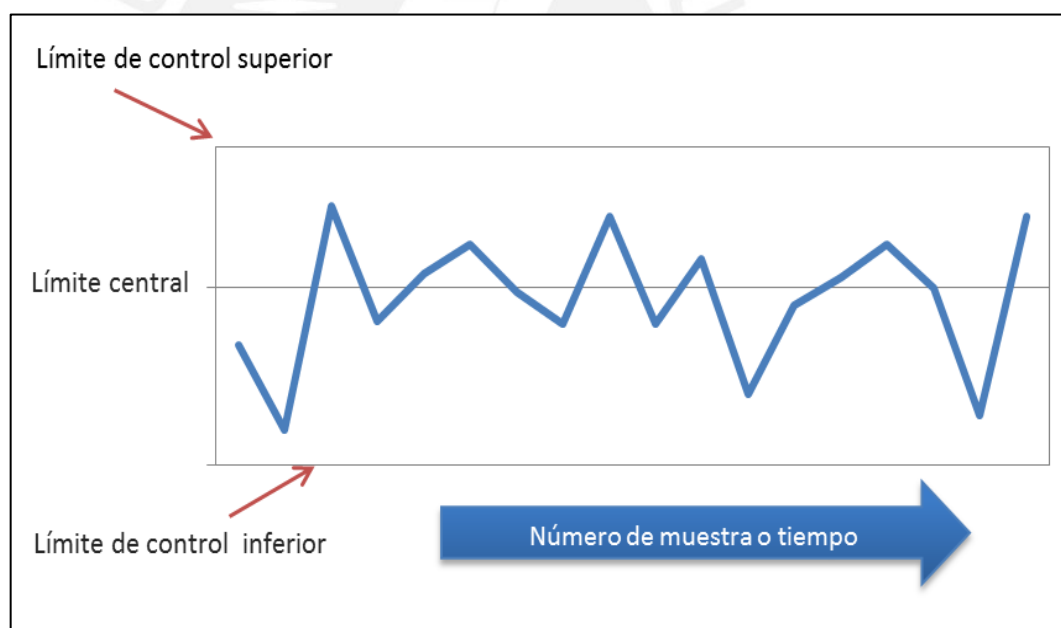


Figura 5: Gráfica de control típica

Fuente: Montgomery (2005)

Elaboración propia

Montgomery (2005) explica que en cualquier proceso de producción siempre existirá cierta variabilidad inherente o natural. La variabilidad inherente de un proceso se refiere al efecto acumulado de muchas causas pequeñas y que son inevitables en el

proceso. Cuando la variabilidad solo se debe a “causas fortuitas” se puede decir que el proceso está bajo control. No obstante, el proceso puede presentar otra forma de variabilidad la cual se origina a partir de tres fuentes fundamentales: máquinas ajustadas o controladas incorrectamente, errores del operador o materia prima defectuosa. A este tipo de fuentes que no son parte de la naturaleza del proceso se les denomina “causas asignables”. Cuando estas están presentes, se dice que el proceso está fuera de control.

El objetivo principal de los gráficos de control es identificar rápidamente las causas asignables al proceso para así emprender de inmediato una acción correctiva y evitar que se continúe produciendo productos fuera de especificaciones. Así mismo, las cartas de control permiten medir la capacidad del proceso en estudio.

Las gráficas de control se clasifican en dos tipos: Gráficas de control por variables, y gráficas de control por atributos.

Gráficas de control por variables:

Las variables son características de calidad que se pueden medir de forma continua, por ejemplo el peso, la temperatura, el volumen, entre otras. Estas cartas de control permiten monitorear tanto el nivel medio del proceso como la variabilidad. Las gráficas \bar{X} se usan para controlar el nivel medio del proceso, mientras que las gráficas R y S permiten monitorear la variabilidad del proceso.

Gráficas de control $\bar{X} - R$:

Las gráficas de control para \bar{x} permiten monitorear el valor medio de la característica de calidad evaluada, mientras que las R se utilizan para medir la variabilidad del proceso.

Para elaborar estas gráficas se debe realizar lo siguiente:

- Calcular la media de cada muestra (\bar{x}) y el rango (R) de las mismas. Para calcular el rango restar el mínimo del máximo valor registrado en cada muestra.
- Calcular el promedio del promedio de todas las muestras ($\bar{\bar{x}}$) y el promedio de los rangos (\bar{R})

Los límites de control de la carta \bar{x} se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

Los límites de control de la carta R son los siguientes:

$$LCS_R = D_4\bar{R}$$

$$LCI_R = D_3\bar{R}$$

Gráficas de control $\bar{x} - S$:

Estas cartas de control permiten controlar la variabilidad del proceso pero a diferencia de las gráficas R, estas se calculan de forma directa mediante la desviación estándar de las muestras. Para el cálculo de los límites de control realizar lo siguiente:

$$LCS = \bar{X} + A_3\bar{s}$$

$$LCI = \bar{X} - A_3\bar{s}$$

En el Anexo 1 se presentan los valores para A_2, A_3, D_3, D_4

Gráficas de control por atributos:

Las gráficas de control por atributos requieren de variables que puedan medirse, sin embargo existen otras características que no pueden medirse en valores numéricos. Las cartas de control por atributos se pueden utilizar en estos casos en los que solo se busca contar la cantidad de disconformidades de un producto o de una muestra. Existen dos tipos de gráficas uno para el análisis de unidades no conformes y el otro para las no conformidades. Para el primero se pueden realizar gráficas p o np , mientras que para el segundo se tienen las gráficas u o c

Gráfica de control para fracción no conforme p :

La gráfica para fracción no conforme se utiliza cuando la variable a controlar es la fracción de no conformidades del total de la muestra. Además, asumiendo que el

proceso es constante, el número de unidades disconformes sigue una distribución binomial. El cálculo de los límites se realiza de acuerdo a lo siguiente:

$$LCS = p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LCI = p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Gráfica de control para unidades no conformes np :

Este tipo de gráfica a diferencia de la gráfica p se basa en el número de unidades no conformes en lugar de la fracción no conforme. En este caso los límites se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Gráfica de control para no conformidades c :

Este tipo de gráfica se usa cuando la variable a monitorear es la cantidad de no conformidades presentes en una unidad de inspección. Los límites de control se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Gráfica de control para el número promedio de disconformidades por unidad de inspección u :

Esta gráfica está basado en el promedio de disconformidades por unidad de inspección. A diferencia de la gráfica p , el tamaño de muestra en estas gráficas puede ser variable. El cálculo de los límites de control se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Criterios para definir el proceso fuera de control estadístico:

Besterfield (2009) explica que cuando un proceso se encuentra “bajo control” se presenta un patrón natural de variación por lo que el término “fuera de control” se refiere a un cambio en el proceso debido a una causa asignable.

A menudo se utiliza más de un criterio o reglas de sensibilidad para definir si un proceso se encuentra “bajo control”. Montgomery (2005), explica que estos criterios de sensibilidad deben tomarse con cuidado ya que un número excesivo de estos criterios hace más complicado el proceso de decisión y se pierde la simplicidad inherente de la carta de control de Shewart.

Para el caso de esta tesis, se utilizaron todos los criterios que provee el programa Minitab 17.

En la Figura 6 se muestran los criterios para un gráfico I-RM. En caso de incumplirse cualquiera de los criterios este será detectado por la carta y se considerará que el proceso se encuentra fuera de control.

1.5. Capacidad del proceso

La capacidad del proceso permite medir la variabilidad del proceso respecto a los requisitos del producto o las especificaciones.

Este indicador muestra la capacidad del proceso para producir productos que cumplan con las especificaciones.

Este indicador se utiliza para para medir lo siguiente: (James, 1997)

- Medir los datos de un proceso y poder identificar las limitaciones con las que se tiene que trabajar.
- Elegir el proceso más adecuado para generar un producto y/o servicio.

- Evaluar los procesos secuenciales y evaluar su eficacia en relación con los requisitos de todo el proceso.

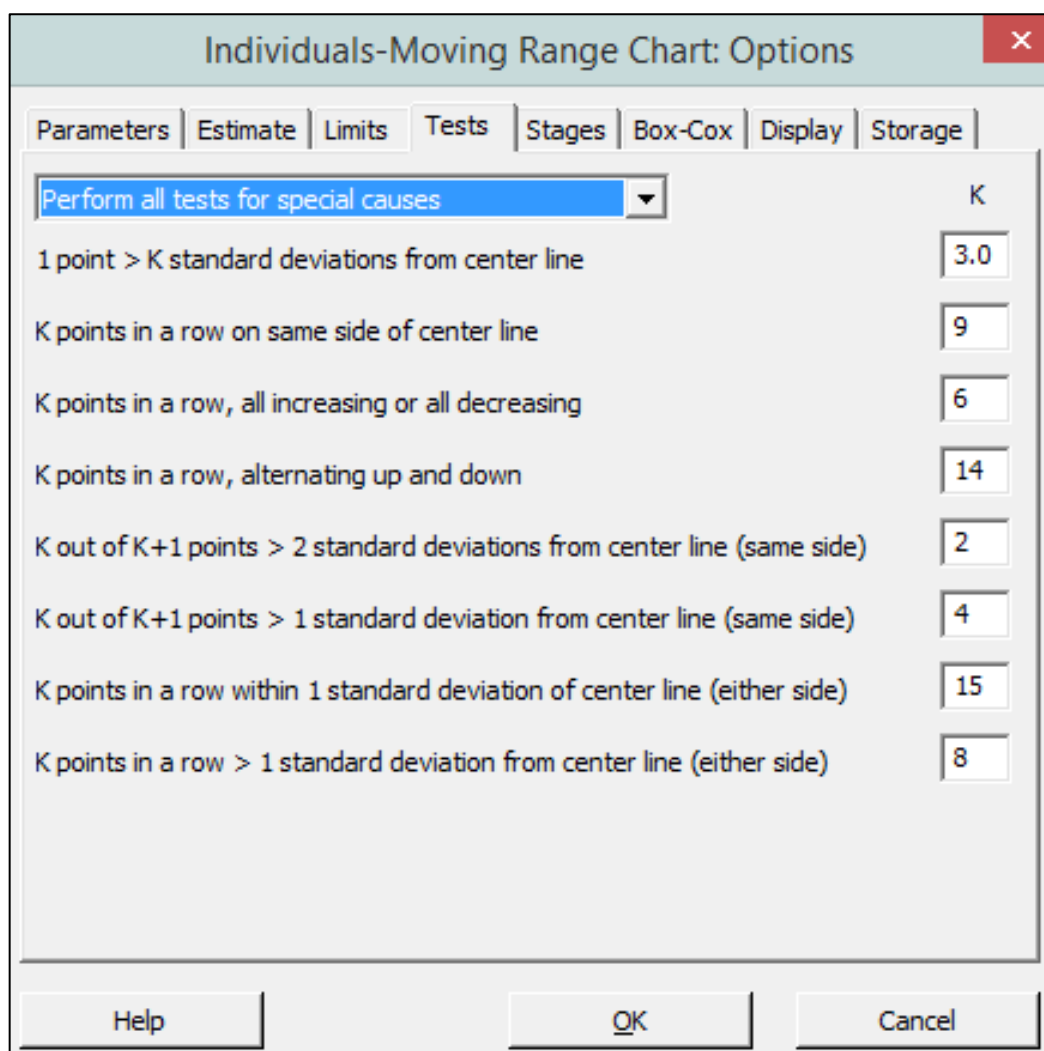


Figura 6: Pruebas para causas atribuibles gráficas I-MR

Fuente: *Minitab 17*

Elaboración propia

CAPÍTULO 2: Descripción de la empresa

En el siguiente capítulo se presenta información sobre la empresa para la cual se desarrolló el caso de estudio. Primero se describe la empresa y el organigrama del área de producción. Así mismo se detalla el proceso productivo de las galletas, las cuales son el producto principal de la empresa. Finalmente, en esta sección se exponen los indicadores principales del área de producción. Los proyectos de mejora que se realicen en el área de producción de la empresa deben estar orientados principalmente a mejorar estos indicadores según la política global de la compañía.

2.1. La empresa

La empresa en estudio elabora productos alimenticios y pertenece al sector de consumo masivo. Esta empresa pertenece a una compañía transnacional cuya matriz se encuentra ubicada en Estados Unidos. Actualmente, la compañía está presente en más de 150 países divididos en cinco regiones: Norte América; Latinoamérica; Europa; Asia Pacífico y Europa Oriente; Medio Oriente y África.

Cada una de las regiones se divide en grupos de negocio, para el caso en estudio, la región de Latinoamérica se encuentra dividida en los siguientes grupos: México; Centro América; CARICAM, conformado por los países del Caribe y Centro América; Brasil, Cono Sur, conformado por Argentina, Uruguay, Paraguay y Chile; ANCAM, conformado por Venezuela, Perú, Colombia y Bolivia.

Cabe destacar que la planta de Perú es la segunda empresa con mayor producción de galletas en Sudamérica luego de Brasil.

En Perú la compañía ha logrado establecer su liderazgo a través de su planta productora de galletas ubicada en la ciudad de Lima. Así mismo, cerca del 60% de su producción es exportada a los mercados de Ecuador, Colombia, Bolivia y Chile.

La producción de la planta en Perú se encuentra dividida en dos categorías principales las cuales son: galletas y bañados de chocolate. La planta cuenta con un Gerente de Operaciones quien tiene a su cargo a las Gerencias de Producción, Gerencia de RR.HH., Gerencia de Calidad, Gerencia de Mejora Continua entre otras.

El área de producción se encuentra dividida en dos secciones conformadas por tres líneas de producción cada una. Cada Gerencia de sección se encuentra formada por tres líneas de producción dirigidas por un Jefe de Línea cada una.

Adicionalmente, es importante mencionar que la empresa cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad y de Gestión Ambiental como muestra de ello se encuentra certificada en ISO 9001 e ISO 14001. Además tiene implementado el sistema de inocuidad alimentaria HACCP y desarrolla Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), lo cual demuestra su compromiso por entregar productos de calidad a sus clientes.

2.2. Descripción de la organización de la empresa

La empresa cuenta con un Gerente General para planta Lima, y con distintas gerencias para las distintas áreas de la empresa como por ejemplo la gerencia de Recursos Humanos, gerencia de Seguridad Salud y Medio Ambiente, gerencia de Control de Calidad, Gerencia de Mejora Continua entre otras. En el siguiente estudio se presentará la descripción del área de Producción de la empresa ya que es en esta área donde se desarrollará el estudio.

La empresa cuenta con seis líneas de producción. El área de producción se encuentra dividida en dos secciones y cada una cuenta con un Gerente de Sección.

En la Figura 7 se presenta el organigrama que se aplica a cada sección.

Como ya se mencionó cada Gerente de sección tiene a su cargo 3 líneas de producción dirigidas por los Jefes de Línea. El Jefe de línea tiene como funciones planificar el programa de producción de la línea y verificar con el área de planeamiento que se cumpla con la demanda de la empresa. El jefe de Línea asigna a los operarios las actividades que debe realizar y se encarga de supervisar que estas se cumplan.

Así mismo, es el responsable de velar por el cumplimiento de las actividades de mantenimiento autónomo que se realizan en la planta. A demás como parte de sus funciones del Jefe de Línea se encuentra el promover proyectos de mejora para la línea. El controlador de producción se encarga de actualizar los indicadores de

producción y de acuerdo a los resultados obtenidos, coordina con los Jefes de Línea para que puedan realizar las mejoras correctivas necesarias.

Además cada línea de producción tiene asignado un especialista de calidad quien es responsable de velar que se cumplan con los estándares de calidad establecidos. Así mismo, debe verificar que se estén realizando todas las pruebas establecidas en el plan de control de cada producto. En cada turno el especialista de calidad debe recoger los registros de calidad que se han completado para cada *batch* producido. De este modo, se busca garantizar que se estén cumpliendo con las Buenas Prácticas de Manufactura.

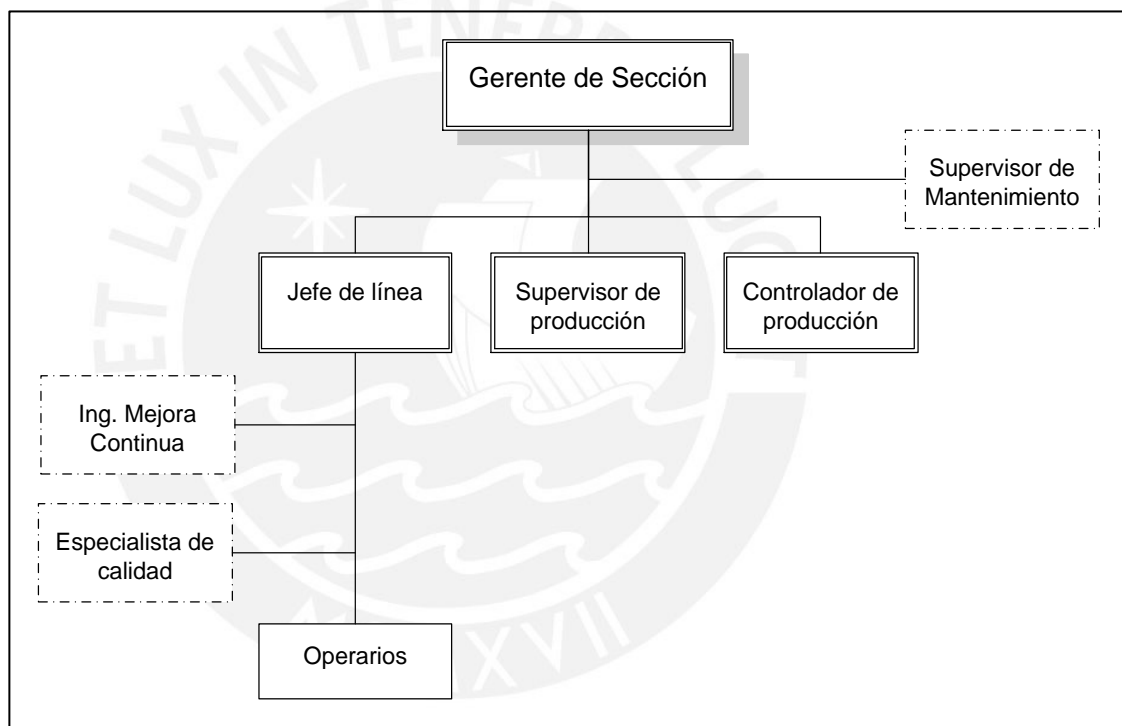


Figura 7: Organigrama del área de Producción

Fuente: La empresa (2013)

Cada sección cuenta con un supervisor de mantenimiento asignado para poder atender a las necesidades de cualquier línea. El supervisor de mantenimiento, tiene a su cargo operarios de su área quienes reparan y dan servicio de mantenimiento a las máquinas.

Así mismo, el área de Mejora Continua de la empresa tiene como objetivo dar soporte a otras áreas para que puedan desarrollar proyectos. Para garantizar esto, los Ingenieros de Mejora Continua brindan soporte a los Jefes de Línea para poder

desarrollar proyectos que permitan mejorar la productividad de la línea o el rendimiento de los materiales.

2.3. Descripción del proceso principal

Como ya se ha venido mencionando el proceso principal de la empresa es la elaboración de galletas y bañados de chocolate. La empresa cuenta con diferentes tipos de galletas, las cuales son galletas dulces, galletas saladas, así mismo se elaboran wafers y productos bañados en chocolate.

El presente estudio se centrará en la mejora del proceso productivo de los productos pertenecientes a la clasificación A de la empresa. Los productos a analizar de la empresa, cuentan con un gran posicionamiento de mercado y son muy recordados por los consumidores.

Las familias de productos que se elaboran en la línea en estudio son similares. Se trata de galletas dulces que se caracterizan por contar con chispas de chocolate.

A continuación se presenta la descripción del proceso de elaboración de la galleta en mención.

La empresa cuenta con un área que se llama fraccionamiento. Aquí se encargan de pesar todos los ingredientes y separarlos en bolsas de acuerdo a las necesidades requeridas de cada ingrediente según la receta establecida para un *batch*, equivalente a un lote de producción. Una vez que los ingredientes han sido divididos en las cantidades exactas, el acarreador de la línea de producción se encarga de trasladar los ingredientes y otros materiales, como bobinas para empaque, necesarios en cada etapa del proceso productivo hacia los puestos donde se requieren. Una vez que se han repartido los insumos necesarios, el proceso se desarrolla de la siguiente manera.

a. Volcado de ingredientes mayores (etapa 1):

Consiste en verter los ingredientes correspondientes a la etapa uno y mezclarlos dentro de la mezcladora.

b. Volcado de ingredientes menores (etapa 1):

Una vez que se culminó la etapa uno del volcado de ingredientes mayores, el masero que se encuentra en el primer piso llama por el intercomunicador al 2do piso y comunica para que se viertan los ingredientes menores a través de la tolva de dosificación de ingredientes.

c. Volcado de ingredientes mayores (etapa2):

A continuación se vierten los ingredientes correspondientes a la etapa 2 del volcado y se espera a que la masa se mezcle de forma uniforme.

Una vez que se termine de mezclar la masa, el operario masero vierte la masa que se encuentra en la mezcladora en una batea de masa. El operador debe medir la temperatura de la masa y verificar que este parámetro se encuentre dentro de los límites de control establecidos.

d. Laminado:

El operador de masa comunica al operador de laminado para que este retire la batea y continúe con las siguientes etapas. El laminador traslada la batea y la coloca en el cuarto portabateas. A continuación acciona el elevador de bateas para subir la batea hasta la tolva de alimentación de la banda aérea. Se vierte la batea completa en la tolva y se espera a que la masa se transporte a través de la banda aérea hasta la tolva primaria de laminado.

El laminado se puede realizar con un cortador de alambre denominado *wirecut* o también se puede realizar con un rotocortador el cual es un rodillo con moldes para galleta.

Luego, la masa pasa por el wire cut o rotocortador dependiendo del tipo de producto y se van formando las galletas. Mientras tanto el operador de laminado tiene que extraer muestras de las galletas para verificar que su peso se encuentre dentro del límite aceptable. De no ser así debería coordinar o realizar las correcciones necesarias.

e. Horneado:

Luego, a través de las bandas transportadoras, las galletas ingresan al horno para que se realice la cocción de las mismas. Después de salir del horno, las galletas continúan el recorrido en la zona de enfriamiento a través de las bandas transportadoras. Durante este proceso, el hornero toma muestras de la galleta cocida que son solicitadas por calidad. Se deben realizar las siguientes pruebas:

- Control de pesos
- Evaluación sensorial
- Evaluación de ph de galleta
- Control de humedad de la galleta

f. Apilado:

Luego de ello, se cuenta dos operadores ubicados a ambos lados de la faja transportadora que ayudan a alinear las galletas para que puedan ser empacadas. Así mismo, ellos pueden seleccionar y desechar las galletas que no cumplen con los estándares de calidad aceptables.

g. Empacado primario:

A continuación se realiza el procedimiento de empacado primario. Este consiste en formar paquetes individuales de galletas. Cada paquete debe contener cuatro unidades de galletas. En este proceso se realizan dos inspecciones. La primera a través del detector de faltantes donde se verifica que el *pack* esté con las unidades completas y el segundo a través del equipo *Check Weighter*. Este equipo permite pesar cada uno de los *packs* y de encontrarse fuera de las especificaciones rechaza los paquetes.

h. Empacado secundario:

Seguido del empacado primario, los paquetes individuales son transportados a través de fajas transportadoras hasta la zona de empaque secundario. Aquí se forma un paquete grande (*six pack*) con 6 paquetes individuales. Al final del empacado secundario se controla el peso de los paquetes para verificar que estén completos.

i. Encajado

A continuación se procede a realizar el encajado de forma manual. El cual consiste en llenar 24 paquetes grandes en una caja. Esta caja pasará por una encintadora y codificadora la cual le asigna el código y los detalles de producción.

j. Paletizado

Finalmente, se arman pallets conformados por 70 cajas los cuales son asegurados con cinta *stretch film* para que puedan ser trasladados hacia el almacén de productos terminados.

En la Figura 8 se presenta el diagrama de operaciones de una familia de productos elaborada en la línea en estudio.

2.4. Indicadores de rendimiento del proceso

La empresa cuenta con una estructura definida para el seguimiento de los indicadores. Los indicadores del área de producción de la empresa se clasifican en dos categorías principales:

- Rendimiento del *input* empleado para obtener el producto final.
- Eficiencia de la línea de producción

En primer lugar se abordarán los indicadores correspondientes al rendimiento del *input*.

- % *Yield* (Rendimiento)
 - % *Overweight* (Sobrepeso)
 - % *Broken* (Merma)
 - % *Rejected* (Producto rechazado / basura)
- % *Packaging Waste* (Merma de empaque)
- % *Performance* (Cumplimiento de producción)

A continuación se describirá en qué consiste cada indicador y los detalles para el cálculo de estos.

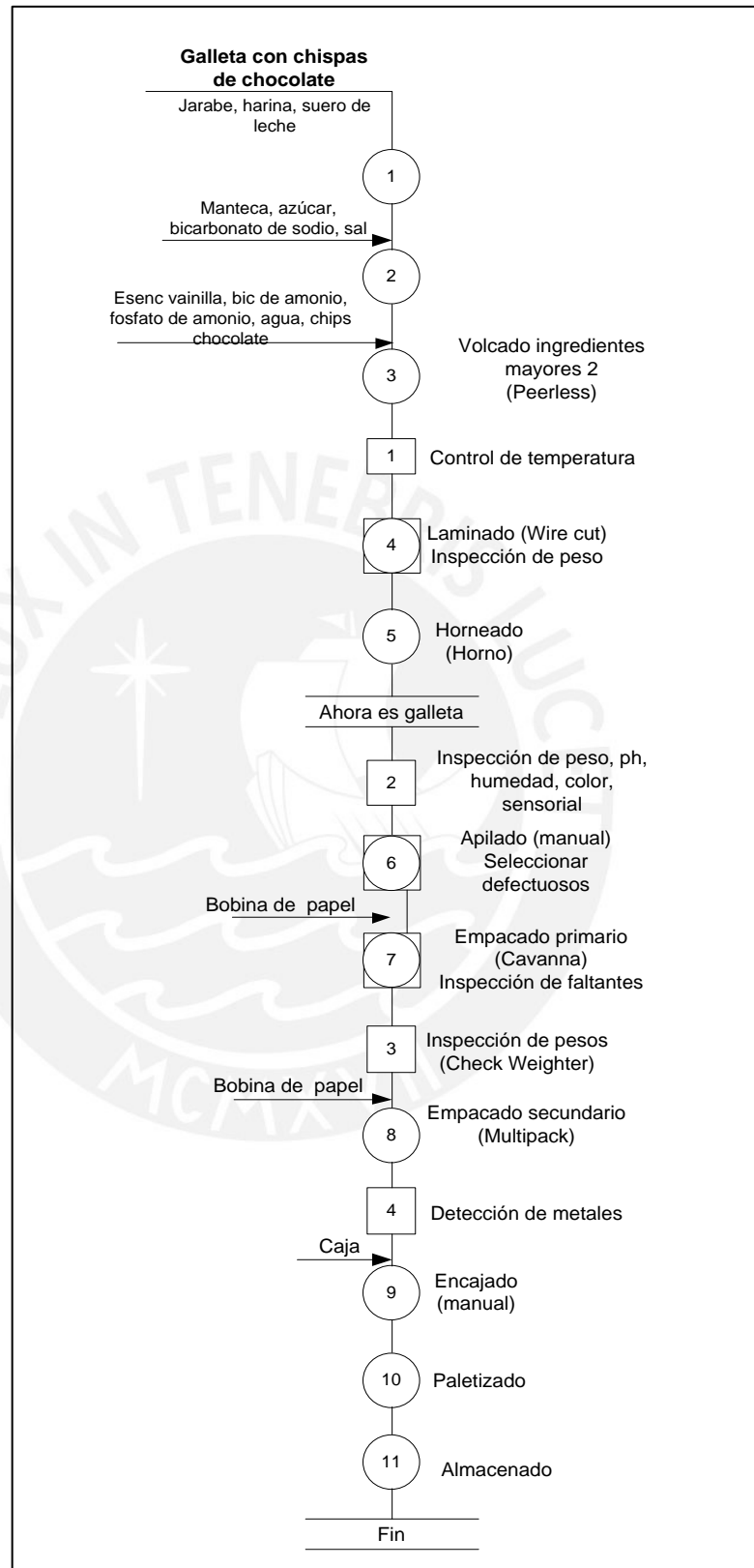


Figura 8: DOP galleta con chispas de chocolate

Elaboración Propia

a. % Yield (Rendimiento):

El *Yield* es el indicador de rendimiento que mide la relación que existe entre los kilogramos obtenidos de producto terminado con los kilogramos de producto que se esperaba obtener al final de la producción.

$$\% Yield = \frac{kg \text{ de producto terminado}}{Kg \text{ de producción teórica} + Kg \text{ de Broken}}$$

Para obtener los kilogramos de producto terminado (PT) se debe multiplicar el peso estandarizado de cada caja por la cantidad de cajas de producto obtenidas.

Los kilogramos de producción teórica se calculan a partir de la cantidad de ingredientes que se utiliza de acuerdo a la receta del producto multiplicado por el factor de horneado. El factor de horneado es el porcentaje que se debe descontar debido a que en el horno la galleta pierde cierta cantidad de agua y aceite ya que se encuentra expuesta a altas temperaturas y ello producen que se evaporen algunos componentes.

El cálculo del *Yield* es ajustado con la suma de la merma de producto (*broken*) en el denominador para obtener un resultado más exacto de rendimiento.

Se considera el *broken* (merma) en el cálculo ya que la merma ingresa al proceso como input y se reprocesa. De no considerarse la merma en este cálculo, no se estaría considerando los costos que generan su reproceso, el costo por material de empaque perdido, entre otros.

b. % Broken:

El *broken* es el indicador que mide el porcentaje de merma que se genera en el proceso productivo.

$$\% Broken = \frac{kg \text{ de merma}}{Kg \text{ de producción teórica}}$$

Para el cálculo de los kilogramos de merma solo se consideran los productos que pueden ser reprocesados. Por ejemplo, galleta empacada inadecuadamente o galleta rechazada por el detector de faltantes.

c. % *Rejected*:

El *rejected* o desperdicio se mide a través de la relación entre la cantidad de basura que se genera en el proceso versus la cantidad de producción teórica en kilogramos. Los kilogramos de basura son la cantidad total de producto que no puede ser reprocesada las cuales provienen de productos contaminados, galleta en contacto con el piso, galleta quebrada, galleta utilizadas para pruebas de calidad, producción rechazada por calidad, entre otros.

$$\% \text{ Broken} = \frac{\text{kg de basura}}{\text{Kg de producción teórica}}$$

d. % *Overweight*

El *overweight* o sobrepeso es calculado a partir de la diferencia de los indicadores mencionados anteriormente. En esta clasificación se considera todo el producto que no es registrado como merma o basura.

El sobrepeso se genera principalmente porque no es posible realizar una medición exacta e igual todas las veces ya que el peso es una variable continua por lo que las cajas de galleta se despachan con rango de variación de pesos.

Un valor de sobrepeso negativo indica que el producto se ha entregado por debajo de las especificaciones, lo cual puede representar graves problemas para la empresa pues el consumidor podría presentar quejas por ello. Por el contrario, un valor de sobrepeso positivo indica que el producto se entregó con peso mayor al especificado, ello no representa un problema de gravedad para el consumidor pero sí para la empresa pues influye en sus costos.

$$\begin{aligned} \% \text{ Overweight} &= \text{kg galleta horneada} - (\text{kg de producto terminado} \\ &+ \text{kg de merma} + \text{kg de basura}) \end{aligned}$$

% *Packaging Waste*:

Este indicador permite conocer el porcentaje de material de empaque que no es aprovechado. Este se obtiene a partir de la relación del registro de material de empaque que despacha almacén con la cantidad de empaque que fue despachado con el producto terminado. De esta manera se puede tener un registro de la cantidad de material de empaque que se pierde debido a contenido de empaque fuera de las especificaciones, empaque rechazado por defectos de hermeticidad, material perdido por errores de empaquetado, entre otros.

$$\% \text{ Packaging Waste} = \left(1 - \frac{\text{Material de empaque usado en PT}}{\text{Material de empaque despachado por almacén}} \right) \times 100$$

e. % *Performance*:

Este indicador permite medir el cumplimiento de la producción que se programó por cada tipo de SKU.

$$\% \text{ Performance} = \frac{\text{N° de SKU cumplidos}}{\text{N° de SKU programados}} \times 100$$

Así mismo, se tienen los indicadores que permiten medir la eficiencia de la línea. Los principales indicadores son:

- *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiencia de equipos en el proceso de conversión)
- *Global Eficency* (Eficiencia Global)

A continuación se describirá cada uno de los indicadores y la modalidad de cálculo según las definiciones establecidas para la empresa en la estructura que tiene definida la empresa la cual se denomina *Waterfall Structure*.

En la Figura 9 se presenta el desglose de las actividades del *Waterfall Structure*. A partir del cual se explicará el cálculo de los indicadores.

El cálculo de las horas teóricas de la línea se realiza a partir de la cantidad de horas disponibles para un año la cual proviene de 24 horas diarias por 365 días al año, con ello se obtiene 8760 horas teóricas disponibles para producción en un año, en caso de un año bisiesto se adiciona un día con lo cual se obtiene 8784 horas.

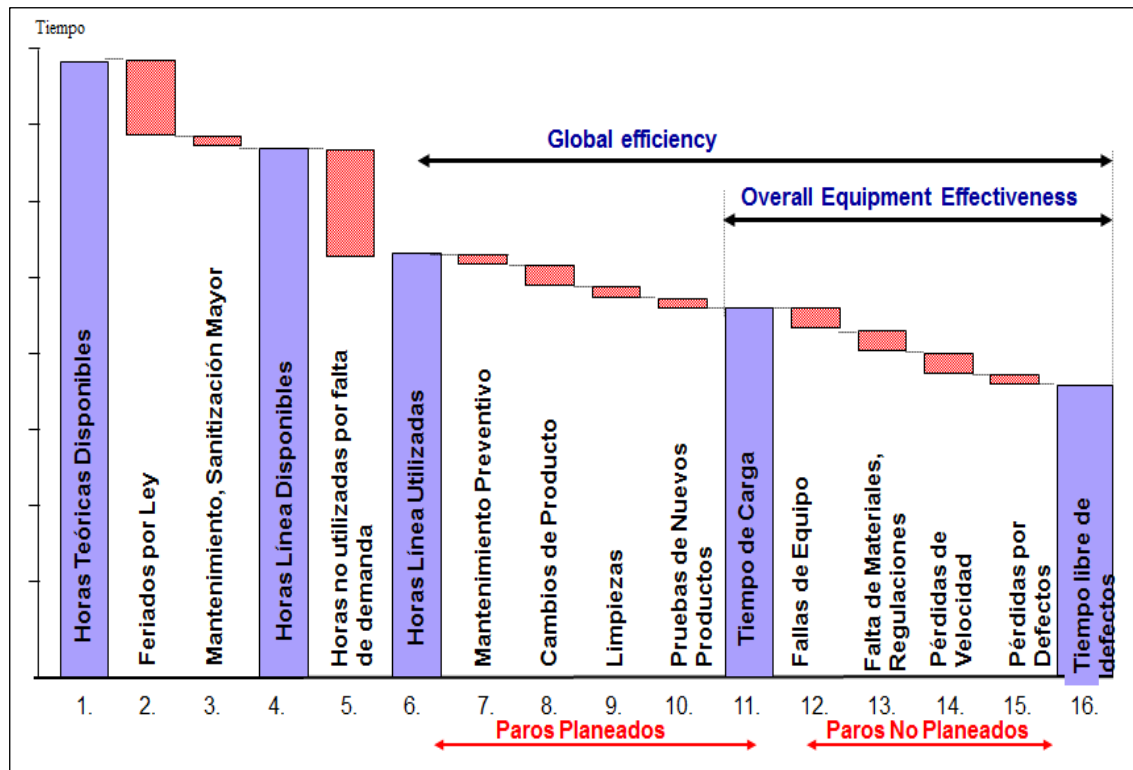


Figura 9: Estructura del *Waterfall*

Fuente: Diseño de indicadores de eficiencia de la empresa “*Waterfall Structure*”

a) Utilización de la línea:

Esto se calcula a partir del ratio de las horas utilizadas en la línea versus las horas teóricas disponibles.

Para el cálculo de las horas línea utilizadas se resta de las horas teóricas disponibles las horas que no se trabajan debido a días no laborables establecidos por ley como feriados por el día del trabajador, navidad, entre otros; tiempo invertido en mantenimiento, actividades de sanitización de la línea y las horas que no se producen debido a escasez de demanda.

$$\text{Utilización de la línea} = \frac{\text{Horas línea utilizadas}}{\text{Horas teóricas disponibles}} \times 100$$

b) Global Eficacy (GE):

La eficiencia Global de la Línea o GE se refiere a la medida del porcentaje de utilización de la capacidad de la línea. Este indicador es calculado como el ratio del tiempo invertido para producción pero en el que solo se elaboran productos libres de defectos entre las horas de la línea utilizadas.

$$GE = \frac{\text{Tiempo libre de defectos}}{\text{Horas línea utilizadas}} \times 100$$

c) Overall Equipment Effectiveness (OEE):

Este indicador se refiere a la eficiencia de los equipos durante el proceso de conversión. La finalidad de este es comparar el tiempo en el que la línea puede operar de manera continua entregando productos en óptimas condiciones con el tiempo que realmente se realizó la operación.

$$OEE = \frac{\text{Tiempo libre de defectos}}{\text{Tiempo de carga}} \times 100$$

CAPÍTULO 3: Análisis y diagnóstico de la situación actual

En el siguiente capítulo se desarrollará el diagnóstico de la situación actual de la línea en estudio. Primero se seleccionará la familia de productos a analizar. A continuación, se analizarán las variables medidas con lo cual se pretende identificar las causas que generan la gran cantidad de mermas durante el proceso productivo.

3.1. Selección de las familias de productos a analizar

Como ya se ha venido explicando en la sección anterior, el área de producción está dividida en 6 líneas. Cada una de ellas está destinada a la producción de un grupo de familias de productos cuyos procesos de elaboración son similares.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Línea 2 de la empresa, en la cual se elaboran 8 familias de productos. En dicha Línea se producen galletas para ser comercializadas tanto en el mercado local como en el extranjero.

En la Figura 10 se muestra el diagrama de Pareto de la producción anual para la Línea 2.

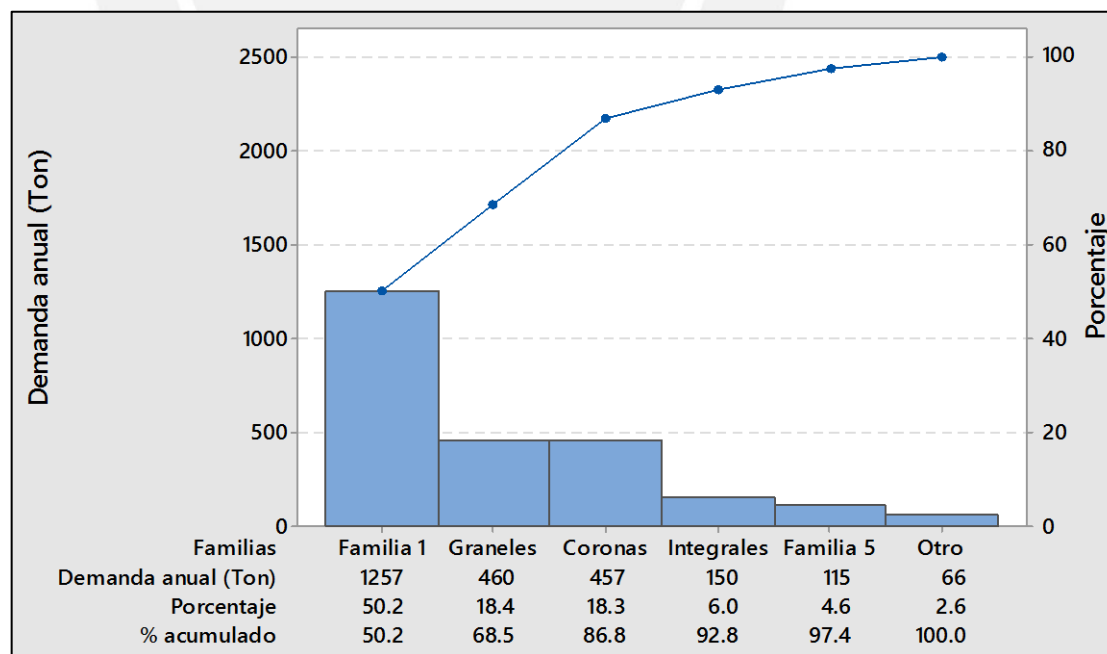


Figura 10: Diagrama de Pareto de la demanda anual de la Línea 2

Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 10 la Familia 1 representa el 50% del volumen total de la línea, a continuación le sigue la familia Graneles con 18%. Ambas familias representan el 69% del volumen de producción anual de la línea, por lo que dichas familias se clasifican como ítems A para la línea.

A partir del análisis anterior, el presente trabajo se enfocará en las dos familias clasificadas como tipo A ya que las mejoras planteadas para estos productos generarán un mayor impacto sobre los resultados que se desea obtener para la línea.

3.2. Identificación del problema principal

Para realizar el diagnóstico de la situación actual de la línea e identificar los problemas presentes en la producción se han realizado visitas a la empresa. Durante las visitas se ha entrevistado a los operadores de producción y técnicos de calidad que van rotando durante los tres turnos (mañana, tarde y noche). Así mismo, se ha entrevistado al Jefe de Línea, a los Supervisores de Producción y al Controlador de la Sección, entre otros. Esto se realizó con la finalidad de obtener información del desempeño de la línea durante el tiempo en estudio y poder identificar alguna variabilidad que se puede producir por turno.

El problema principal identificado en la línea de producción es la gran cantidad de mermas y desperdicios que se generan durante la producción. Este problema es bastante visible en la empresa ya que al ingresar al área de producción se observan bolsas acumuladas con desperdicios y mermas recolectadas, lo cual se puede apreciar durante los tres turnos. A demás, este problema no solo se encuentra presente en la Línea 2, sino también en las otras líneas de la empresa.

En consecuencia, el presente estudio se enfocará en identificar las causas que originan el problema principal identificado con la finalidad de eliminar o por lo menos reducir la cantidad de desperdicios generados en la línea en estudio.

3.2.1. Análisis realizado para la Familia 1

Como se ha explicado en el capítulo anterior, la empresa cuenta con los indicadores de merma (*Broken*), desperdicios (*Rejected*), sobrepeso (*Overweighted*) y de rendimiento

de materiales (*Yield*) los cuales se miden de forma semanal y mensual con la finalidad de evaluar el desempeño de la familia de productos.

Actualmente, la merma que se obtiene en el proceso productivo de la Familia 1 y familia Graneles no es reprocesada. En caso se identifica producto o materia prima defectuosos, estos son eliminados. Sin embargo, se podría evaluar la posibilidad de implementar el reproceso.

Debido a que la merma no es recuperada en el reproceso y se tiene que desechar junto con los desperdicios, ambos son considerados por la empresa en una sola categoría denominada “*Scrap*” para realizar los reportes de control de producción.

En la Tabla 1 se presenta el resumen de los indicadores para la Familia 1 medidos en los meses de enero a agosto del 2013.

Tabla 1: Indicadores para la familia de productos en análisis

Periodo	% <i>Yield</i>	% <i>Scrap</i>	% <i>OW</i>
Enero	96.12	3.64	0.25
Febrero	96.04	3.36	0.6
Marzo	96.68	3.08	0.25
Abril	96.66	3.17	0.18
Mayo	95.68	4.16	0.17
Junio	94.72	4.6	0.68
Julio	95.83	3.68	0.49
Agosto	95.58	3.88	0.55

Fuente: La empresa (2013)

Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura 11 el Rendimiento de Materiales para el producto seleccionado ha tenido un incremento en el mes de marzo, pero luego de ello ha venido decreciendo en los siguientes periodos. Es así que en el mes de junio ha alcanzado el nivel más bajo.

La disminución del rendimiento de materiales (*Yield*) indica que hay un incremento de desperdicios y de sobrepeso, ya que los tres están relacionados de forma directa.

Así mismo, cabe mencionar que la empresa tiene como objetivo alcanzar un *Yield* mínimo de 97.5% para cada familia de producto. Sin embargo, se puede ver que esta familia de productos no ha logrado alcanzar este valor. Por el contrario el porcentaje de *yield* ha venido disminuyendo en los últimos meses.

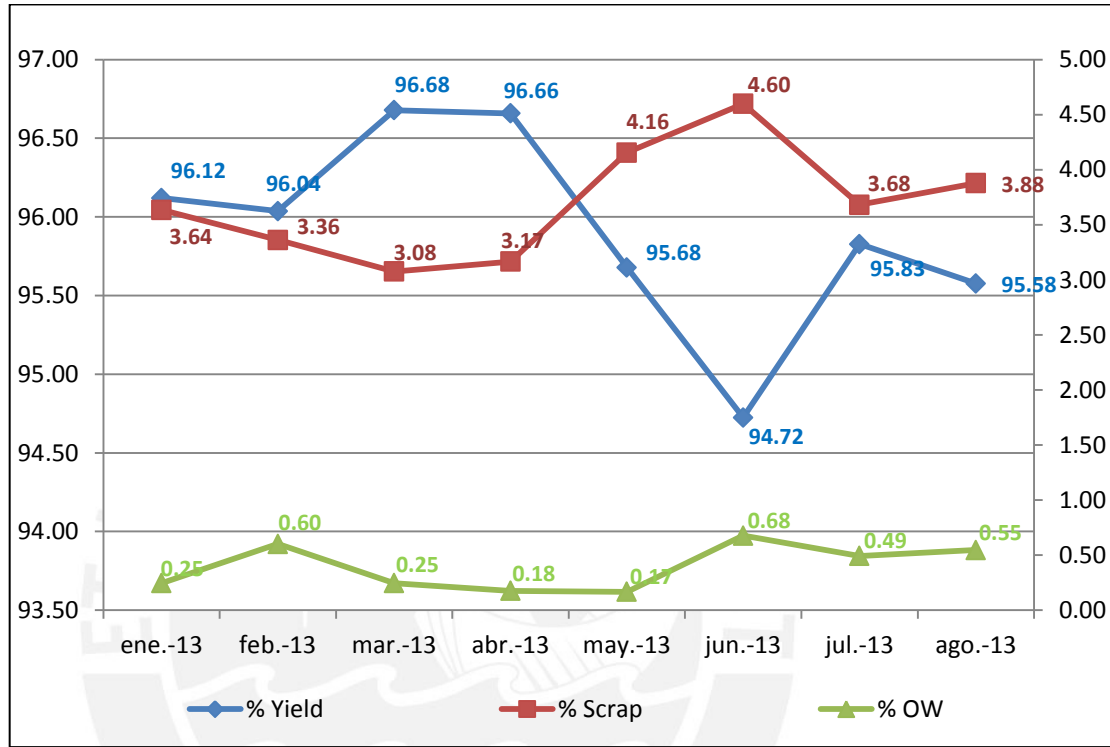


Figura 11: Distribución de indicadores

Elaboración propia

Si bien el porcentaje de mermas se encuentra alrededor del 3.7% lo cual puede parecer un valor bajo, no es así ya que esta familia se produce en volúmenes grandes con lo que se puede generar entre 1.5 y 2.1 toneladas de desperdicio semanales.

En la Figura 12 se puede distinguir la variación semanal de la merma desde la semana 15 hasta la semana 40 del 2013.

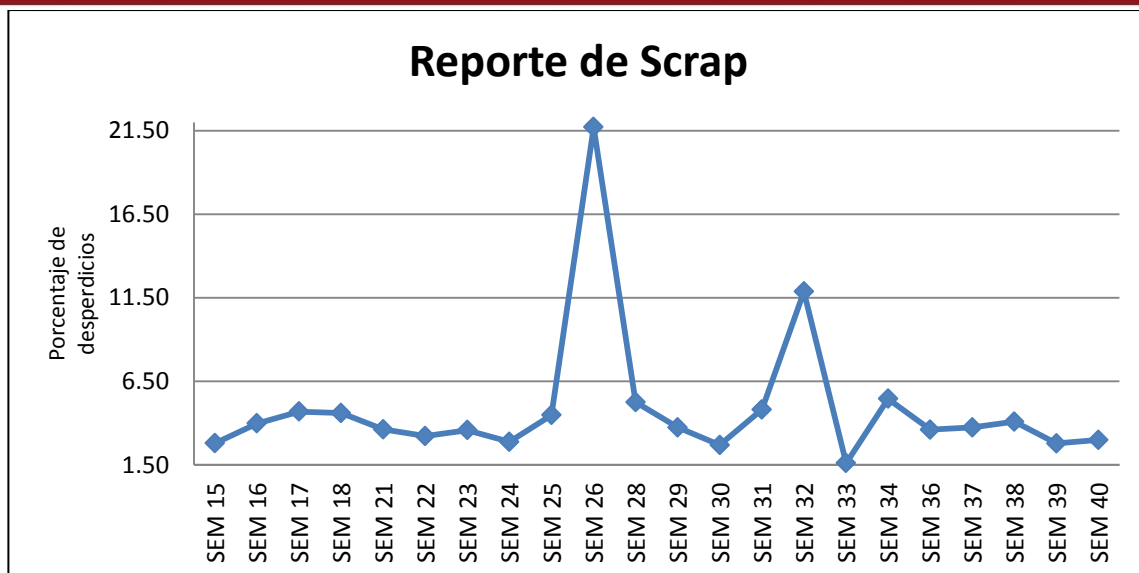


Figura 12: Registro semanal de desperdicios

Elaboración propia

Para poder apreciar de forma más clara a continuación se muestra la Figura 13 en la que se puede apreciar la distribución del Scrap sin considerar las semanas 26 ni semana 32. Se decidió separar estas semanas pues durante este periodo se realizaron pruebas con harinas de distinto proveedor, a estas variaciones se las clasifica como causas asignables pues estos tipos de cambios son planificados por la empresa y el producto final obtenido como resultados de las pruebas es desechado por políticas de la empresa.

De la Figura 12 se puede apreciar que hay gran variabilidad en el porcentaje de desperdicios registrado cada semana. La mínima cantidad de desperdicios registrada se presentó en la semana 33 con un valor de 1.5% y el máximo porcentaje de desperdicios fue de 21.5% en la semana 26.

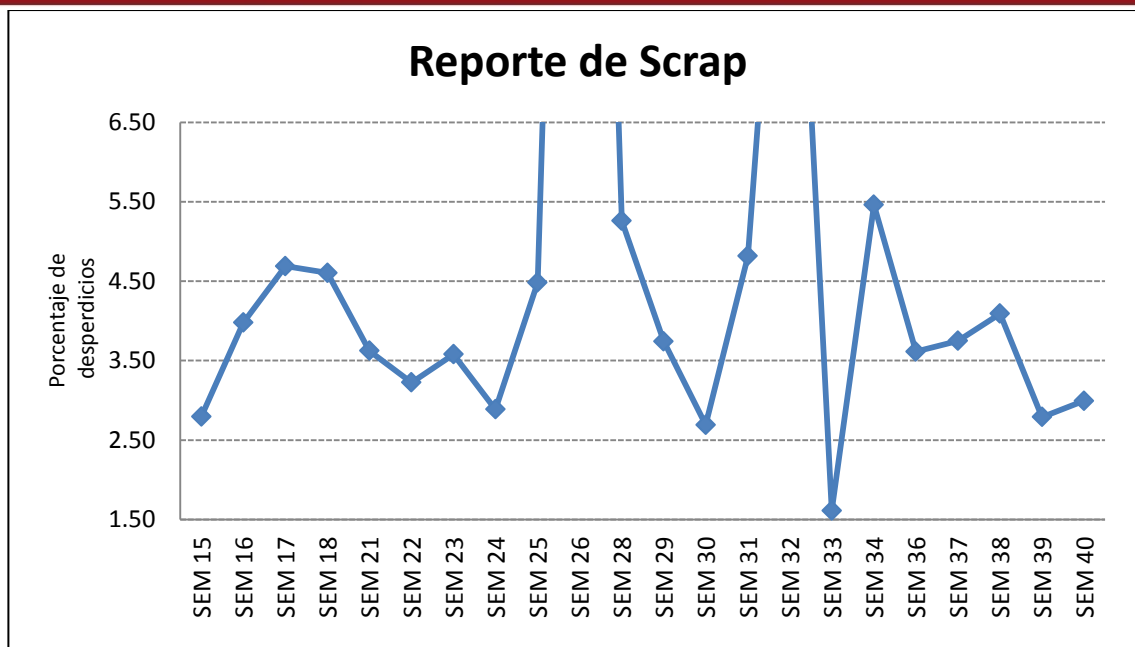


Figura 13: Detalle de registro semanal de desperdicios

Elaboración propia

3.2.2. Análisis realizado para la Familia Graneles

La familia Graneles también pertenece a la clasificación A de los productos elaborados en la Línea en estudio.

Este producto a diferencia de la Familia 1 se produce en menor volumen, por ello se programa su producción en menor tiempo durante el mes. Sin embargo, cada vez que se produce este producto se genera gran cantidad de merma en los tres turnos. De acuerdo al “Reporte de mermas 2013” de la empresa se ha podido identificar que en promedio se genera 120 kg de merma por cada turno en el que se produce dicha familia.

A continuación en la Tabla 2 se presenta la cantidad de merma total registrada en los tres turnos (mañana, tarde y noche) durante 30 días de producción.

Tabla 2: Cantidad de merma de familia Graneles registrada durante 30 días

Día	Cantidad (kg)	Día	Cantidad (kg)	Día	Cantidad (kg)
1	355	11	298	21	384
2	191	12	321	22	343
3	382	13	288	23	364
4	541	14	246	24	352
5	246	15	458	25	448
6	371	16	420	26	325
7	281	17	283	27	465
8	147	18	399	28	345
9	362	19	276	29	420
10	233	20	631	30	266

Elaboración propia

Durante este periodo, la mínima cantidad de merma que se registró fue 147 kg, mientras que el registro máximo de merma fue 631 kg. Con lo cual se puede apreciar que existe alta variabilidad en la cantidad de merma que se genera en el proceso. A pesar de tratarse de un producto de menor volumen que la Familia 1, se realizará un análisis para identificar las causas por las que se genera esta cantidad de merma ya que se identificó que la cantidad de merma cuando se elabora este producto es bastante elevada lo cual influye en mayor proporción sobre los resultados de la Línea.

3.3. Identificación de las causas que generan el problema principal

Luego de haber identificado como principal problema la alta cantidad de mermas que se genera en la producción de las familias con mayor volumen de producción en la línea en estudio, se realizará un análisis para identificar las causas que ocasionan este problema. Dicho análisis se desarrollará tanto para la Familia 1 como para la familia Graneles.

3.3.1. Para la Familia 1

De acuerdo a las observaciones realizadas hasta el momento, se elaboró una “Lluvia de ideas” sobre las causas del problema principal identificado en la empresa: **Alto porcentaje de mermas y desperdicios** como se muestra a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Lluvia de Ideas

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	
1	Falta de calibración de la balanza del mezclador de Peerles 1
2	Cantidad de manteca utilizada diferente al de las especificaciones
3	Variación en la producción debido a que la materia prima proviene de distintos proveedores
4	La chaqueta de vapor del mezclador no se encuentra calibrada
5	La banda de posición 2 de laminado está desalineada
6	La longitud de la banda aérea de la posición 2 es muy larga
7	El aire seca la masa y las luminarias derriten las chispas de chocolate en la banda aérea de posición 2
8	Las galletas se desalinean al pasar de la banda de laminado hacia la banda de entrada al horno
9	La masa se acumula a los extremos de la tolva del cortador de alambre y la masa se vuelve de color oscuro
10	Al trabajar de acuerdo a los estándares de peso establecidos para laminado, luego del horno el peso de galleta se encuentra fuera de especificación
11	Constante necesidad de ajustes en el cortador de alambres debido a la variación de masas
12	Se pudo observar que las temperaturas de las zonas del horno son distintas a las establecidas en el perfil de horneado
13	Las galletas salen unidas al final del horno
14	Los colores de las galletas son distintos, algunas veces se queman y son oscuras, otras no se cosen y son de color claro
15	El alambre del cortador de alambre se rompe constantemente
16	La galleta se desalinea al pasar por las bandas de enfriamiento y de apilado

Elaboración propia

En el esquema de la Figura 14, se presenta la distribución de los procesos para la familia en estudio. Así mismo, se detallan los problemas observados en cada etapa del proceso.

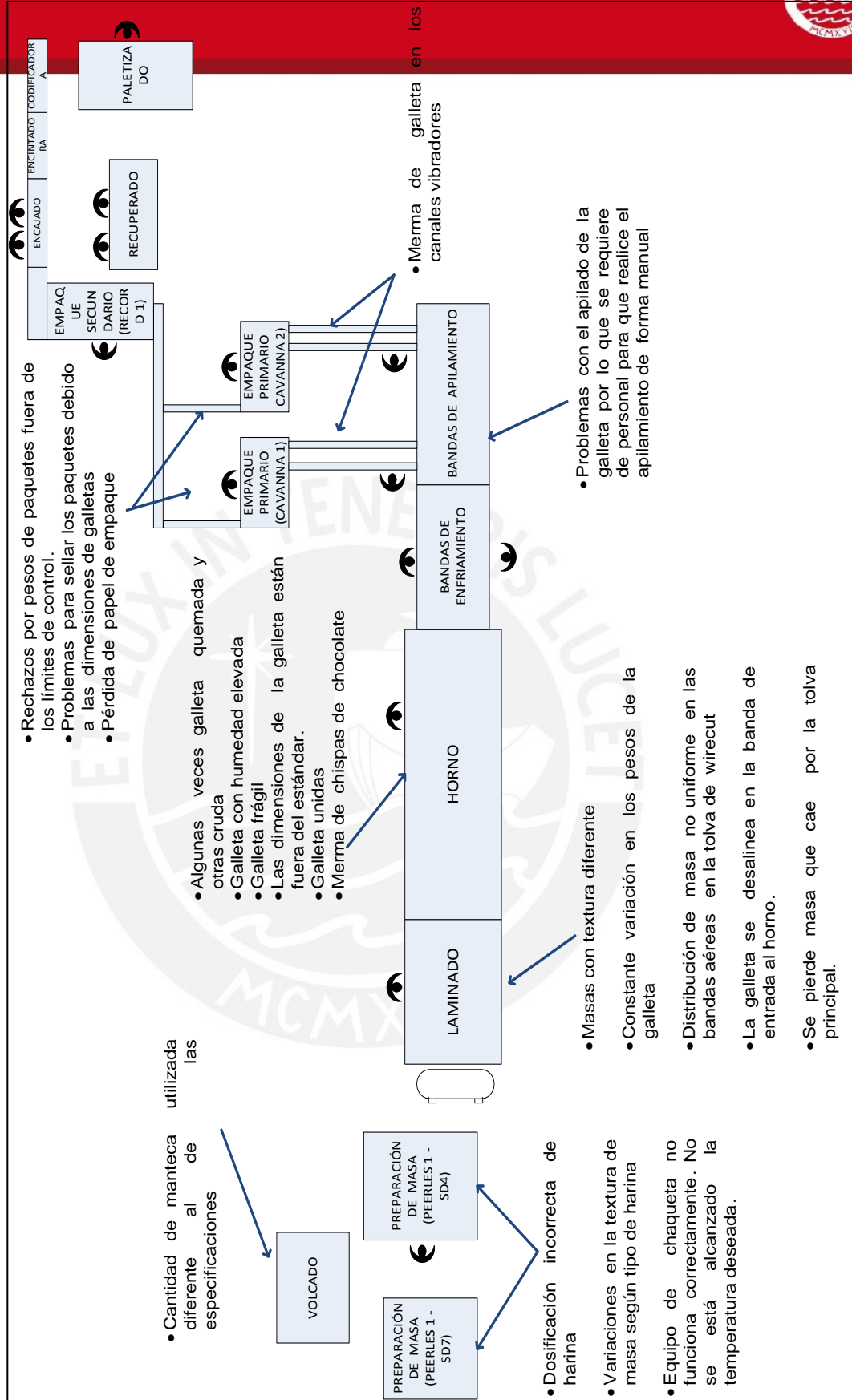


Figura 14: Identificación de los problemas presentes en cada etapa del proceso

Elaboración propia

Con la finalidad de identificar las zonas en las que se genera mayor merma y desperdicios se realizó el diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 15.

El diagrama se realizó con la información recolectada en el registro “Reporte de mermas” que maneja la empresa.

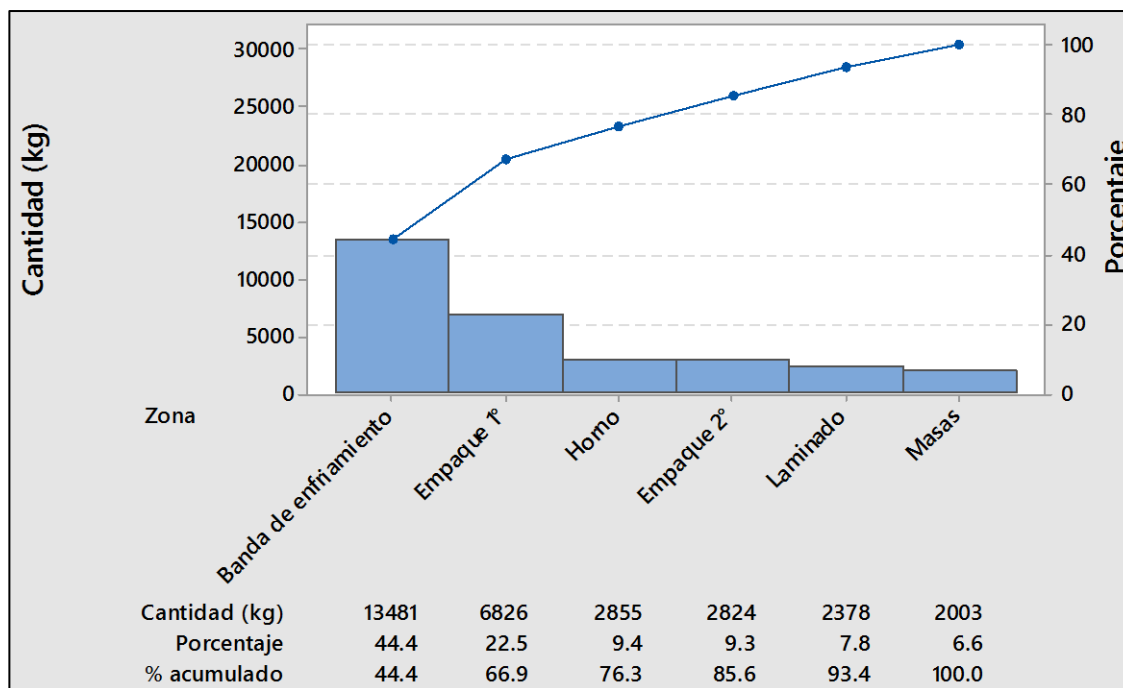


Figura 15: Diagrama de Pareto de cantidad de desperdicios para la Familia 1

Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 15 los desperdicios se originan principalmente en las Bandas de enfriamiento, lo cual representa el 44%, luego en la zona de empaque primario 22.5% y a continuación en el horno 9.4%. Los residuos generados en estas 3 zonas representan el 76.3% del total de merma que se genera para la Familia 1.

A continuación se realizará el diagnóstico de las zonas de bandas de enfriamiento, empaque primario ya que en conjunto representan cerca del 80% del total de mermas y desperdicios.

I. Bandas de enfriamiento

Las bandas de enfriamiento inician a la salida del horno y se extiende hasta los magazines. Los magazines son unas canaletas pequeñas a través de las cuales se transporta la galleta hasta las máquinas empacadoras primaria.

En esta zona se cuenta con 2 operarios quienes seleccionan las galletas que vienen en las bandas de enfriamiento. Las galletas defectuosas, se juntan en bolsas para desperdicios.

La galleta se puede rechazar en esta etapa si presenta las siguientes características:

- Las galletas están unidas, al tratar de separarlas las galletas se quiebran y tienen la apariencia de estar mordidas.
- La galleta está quemada. Esto representa una causa principal por la cual se generan desperdicios.
- Las dimensiones de la galleta son visiblemente pequeñas o grandes
- La galleta está quebrada
- Residuos de galleta clasificados como galleta molida

Para identificar los problemas presentes en esta etapa se utilizará la información presentada en la “Tabla 3: Lluvia de ideas” y en la Figura 14. De acuerdo a esta información se identificó que las causas principales que generan los desperdicios en este proceso son los siguientes:

a) Galleta quemada

Este es uno de los problemas principales identificados por los cuales se desecha la galleta. Este problema identificado se analizará de forma más detallada en el proceso de horneado como se puede ver en la Figura 20.

b) Galleta quebrada

En las bandas de enfriamiento se ha identificado gran cantidad de desperdicios debido a galleta quebrada y molida. Esto representa el 61% de la cantidad de galleta generada en esta zona. Los motivos por los cuales sucede esto son los siguientes:

- La galleta es frágil y al pasar entre las bandas se golpea y se va quebrando.
- La causa principal identificada se debe a que las galletas salen pegadas del horno, al tratar de separarlas estas se quiebran y tienen la apariencia de estar mordidas. Por ello las galletas unidas son desechadas.

Este problema se presenta debido a que las galletas pasan de la banda de laminado hacia la banda de entrada al horno. Estas dos bandas presentan un desnivel por lo que la galleta debe girar y caer en la banda de entrada al horno. Al realizar este proceso, las galletas se desalinean principalmente en la zona central de la banda y la separación que existe entre ambas disminuye.

Luego de pasar por el horno las galletas se expanden y terminan unidas como se muestra en los círculos rosados de la Figura 16.

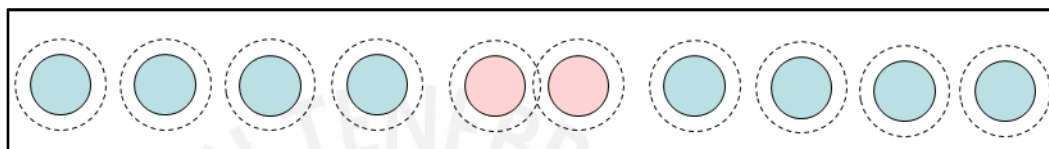


Figura 16: Distribución de galletas por fila en las bandas transportadoras

Elaboración propia

Este es un problema principal identificado el cual representa el 32% de la merma identificada en todo el proceso.

Así mismo, se ha identificado que para solucionar este problema se debe realizar mejoras desde el proceso de laminado pues es ahí donde las galletas se van juntando y no cuentan con la separación adecuada que debe haber entre ellas.

c) Desalineación de las galletas en las bandas de apilado

A la salida del horno, las galletas pasan por una banda de enfriamiento y posteriormente pasan a la zona de apilado. Este recorrido se realiza por medio de bandas transportadoras. Sin embargo, las galletas se van desalineando en las bandas de apilado por lo que se requiere personal adicional para que se encargue de alinear las galletas de forma manual. Este procedimiento requiere de 2 operadores adicionales en la operación.

Si bien esto genera pérdidas para la empresa pues requiere de mano de obra adicional para realizar el trabajo no es un problema que contribuya al incremento de desperdicios. Por esta razón, no se abordará en el análisis de este problema.

II. Empaque primario

La cantidad de merma y desperdicios que se generan en la zona de empaque primario representan el 22% del total.

En esta etapa del proceso los tipos de desperdicios que se generan son los siguientes:

- Galleta molida
- Desperdicio de material de empaque
- Empaques de galleta con picaduras por lo que se deben abrir los paquetes y volver a reprocesar las galletas.
- Galleta molida que se genera por fallas en el proceso de empaclado.
- Galleta rechazada porque no cumple con las especificaciones de peso. Por ejemplo, se ha identificado gran variabilidad en el peso del producto. Este factor se analizará más adelante en el proceso de laminado.
- Galleta molida debido a que el producto obtenido no cumple con las especificaciones de dimensiones de altura y diámetro como se muestra en la Tabla 5. Cuando la galleta supera los límites de especificación, se generan problemas en el proceso de empaclado ya que las dimensiones de la galleta generan que el empaque no se selle correctamente y luego se abra. También al pasar por la máquina empacadora, esta puede morder los bordes de la galleta y ocasionar que esta quiebre. También la galleta se puede atascar en las canaletas de la máquina empacadora y luego se quiebra. Esto además ocasiona que se pare la máquina para solucionar este problema lo cual afecta a la eficiencia de la Línea.

En la Tabla 4 se presenta las mediciones de altura obtenidas para una muestra de tamaño 30. Para las mediciones se toman 10 galletas de la misma columna y se mide la altura con el vernier, este procedimiento se realiza para las tres zonas de la banda.

Tabla 4: Mediciones de altura de galletas

Altura Norte (mm)	Altura Centro (mm)	Altura Sur (mm)
110	111	108
113	113	111
112	111	108
112	113	114
111	112	113
113	113	107
112	110	108
110	111	106
113	114	110
109	110	110
110	109	114
109	113	112
108	109	112
113	110	110
113	114	114
110	111	110
111	112	109
113	112	112
111	113	106
110	112	113
109	113	110
112	110	110
109	109	112
111	112	109
110	112	112
110	111	112
112	113	111
113	116	109
110	109	113
110	111	113

Elaboración propia

Con los datos de las muestras primero se realizó la prueba de normalidad; a continuación, se realizaron las gráficas de control para muestras individuales del promedio de los pesos y luego se realizó el análisis de capacidad. Los datos obtenidos en las pruebas se resumen en la Tabla 5.

El detalle del cálculo de la información presentada en la Tabla 5 se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 5: Resumen de análisis estadístico de altura de galletas por zonas

	P-value	LCS	LCI	Cp	Cpk
Altura Norte	0.06	115.57	106.26	0.64	0.2
Altura Centro	0.258	117.42	105.75	0.51	0.27
Altura Sur	0.234	117.69	103.48	0.42	0.08

Elaboración propia

Los datos obtenidos en la Tabla 4 fueron recolectados en un momento de operación estable. En la Tabla 5 se puede ver que los datos de altura tanto en la zona Norte, Centro y Sur de la banda de salida del horno son normales ya que $pvalue > 0.05$

Luego de analizar las gráficas de control para individuos presentado en el Anexo 2 se determinó que el proceso está bajo control ya que no hay ningún punto fuera de los límites de control y además se cumple los otros criterios evaluados por el *Minitab*.

En cuanto al análisis de capacidad se concluyó que el proceso no entrega productos de acuerdo a las especificaciones requeridas. El valor de Cpk obtenido para las tres zonas en estudio es $Cpk < 1$ lo que indica que el proceso no se encuentra centrado.

Luego del análisis realizado se ha identificado que la capacidad de los procesos de las variables analizadas es baja y no se está cumpliendo con las especificaciones por lo que se requieren de soluciones para mejorar ello.

III. Horno

De acuerdo a la Figura 15, el 9.3% de la merma se genera en el horno. Los defectos que se pueden identificar en esta zona son los siguientes:

- Galleta con humedad fuera de las especificaciones.
- Galleta quemada, lo cual genera galleta con color fuera de especificación.

A continuación se realizará el análisis de la merma que se genera en esta zona de acuerdo a los defectos que se pueden presentar:

a. Defectos por humedad de galleta

La humedad es una variable importante que se mide a la salida del horno ya que este parámetro indica si la galleta ha terminado su proceso de cocción o está cruda.

En la Tabla 6 se muestra los datos de porcentaje de humedad medidos para una muestra de tamaño 30.

Tabla 6: Mediciones de porcentaje de humedad de galletas

Muestra	% Humedad	Muestra	% Humedad
1	3.44	16	3.46
2	3.2	17	3.55
3	3.3	18	3.5
4	3.36	19	3.56
5	3.58	20	3.36
6	3.37	21	3.49
7	3.22	22	3.48
8	3.44	23	3.55
9	3.51	24	3.47
10	3.56	25	3.75
11	3.48	26	3.56
12	3.3	27	3.68
13	3.4	28	3.49
14	3.42	29	3.32
15	3.24	30	3.55

Elaboración propia

En la Figura 17 se presenta la prueba de normalidad Anderson-Darling para la muestra de tamaño 30 presentada en la Tabla 6, dado que el $Pvalue=0.449 > 0.05$, se puede concluir que los datos siguen la distribución normal.

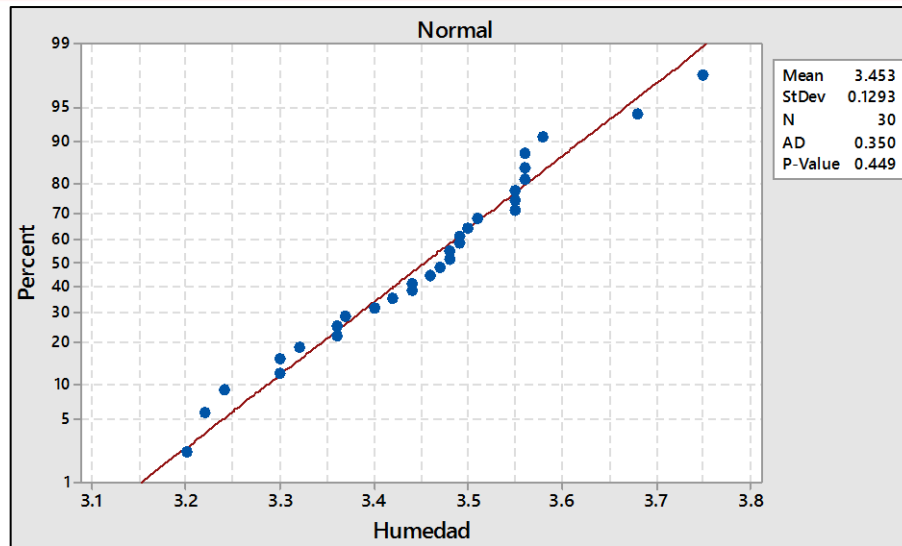


Figura 17: Prueba de Normalidad de porcentaje de humedad de galletas

Elaboración propia

En la Figura 18 se presenta la gráfica de control de valores individuales para la humedad de las muestras, en este caso el LCS es 3.82 y el LCI es 3.09 para la media. Además, se puede ver que todos los puntos de la muestra se encuentran dentro de los límites de control y también se cumplen los demás criterios evaluados por el *Minitab*.

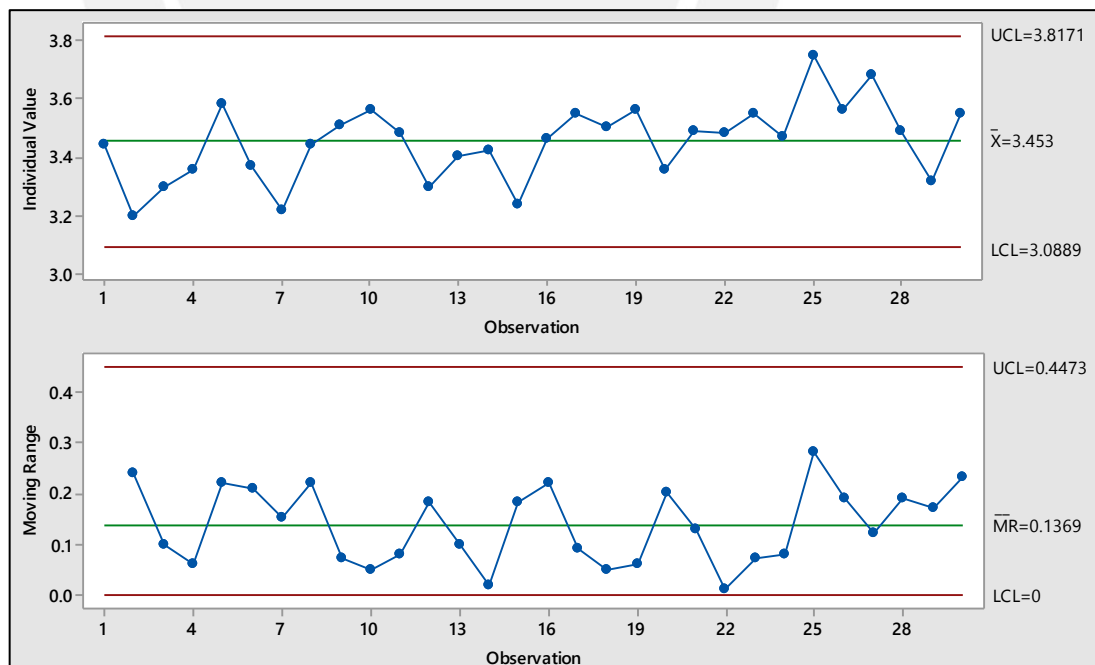


Figura 18: Gráfica de control de humedad de galletas

Elaboración propia

En la Figura 19 se puede apreciar que el valor de Cp es 1.10 >1, esto indica que el proceso es capaz en entregar productos de acuerdo a las especificaciones. El valor de Cpk es de 0.95 lo que indica que el proceso no está centrado.

La capacidad del proceso no supera el valor de 1.3 que es el objetivo deseado para que represente un proceso robusto. Sin embargo, debido a que la capacidad está por encima de uno se concluye que el proceso es capaz de producir galletas con el porcentaje de humedad establecido en las especificaciones.

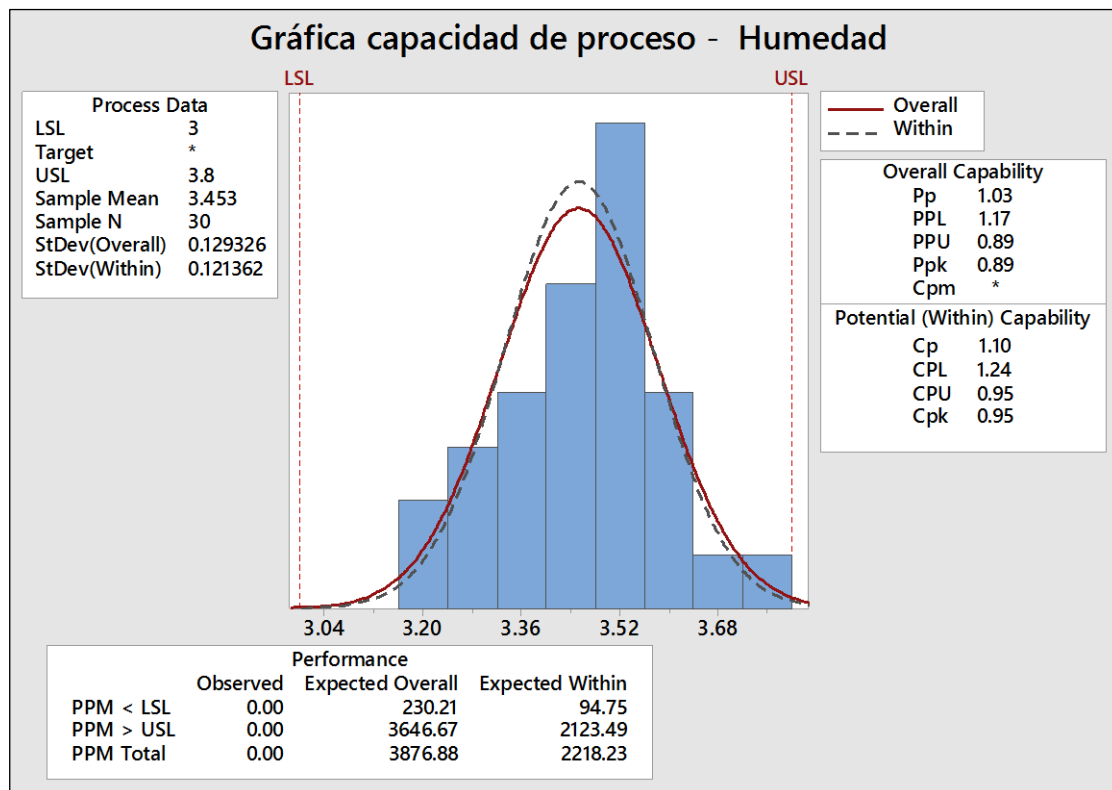


Figura 19: Análisis de capacidad de humedad de galleta

Elaboración propia

b. Galleta quemada:

Otro motivo por el cual se genera merma en esta zona es porque la galleta se quema. Cuando esto sucede, se retiran las galletas quemadas de la línea y se tienen que desechar.

En la Figura 20 se presenta el Diagrama de Causa –raíz de la galleta quemada. Con este análisis se pretende determinar la causa principal que genera este problema para luego plantear mejoras.

Se ha asignado una numeración a cada rama del diagrama de Ishikawa, esta numeración indica el nivel de impacto que tiene la causa identificada respecto al problema principal.

La evaluación del impacto se realizó con una puntuación de 1 a 3, donde 3 significa que contribuye más al problema principal, mientras que 1 representa el menor grado de contribución.

En la Tabla 7 se presenta la puntuación de cada rama del diagrama mostrado en la Figura 20.

Tabla 7: Evaluación de causas que generan galleta quemada

	Frecuencia	Impacto sobre el problema	Puntuación
Peso de galletas con alta variabilidad	3	3	3
Galleta oscura	2	3	2.5
Paradas de horno	1	2	1.5
Primer tramo de galletas quemado	1	2	1.5
Falta de coordinación con zona de laminado	1	1	1
Operadores no realizan ajustes en el proceso a tiempo	1	3	2

Elaboración propia

De acuerdo a la puntuación se elegirán las causas que tengan puntuación mayor a 2.5 ya que esto indica mayor contribución al problema.

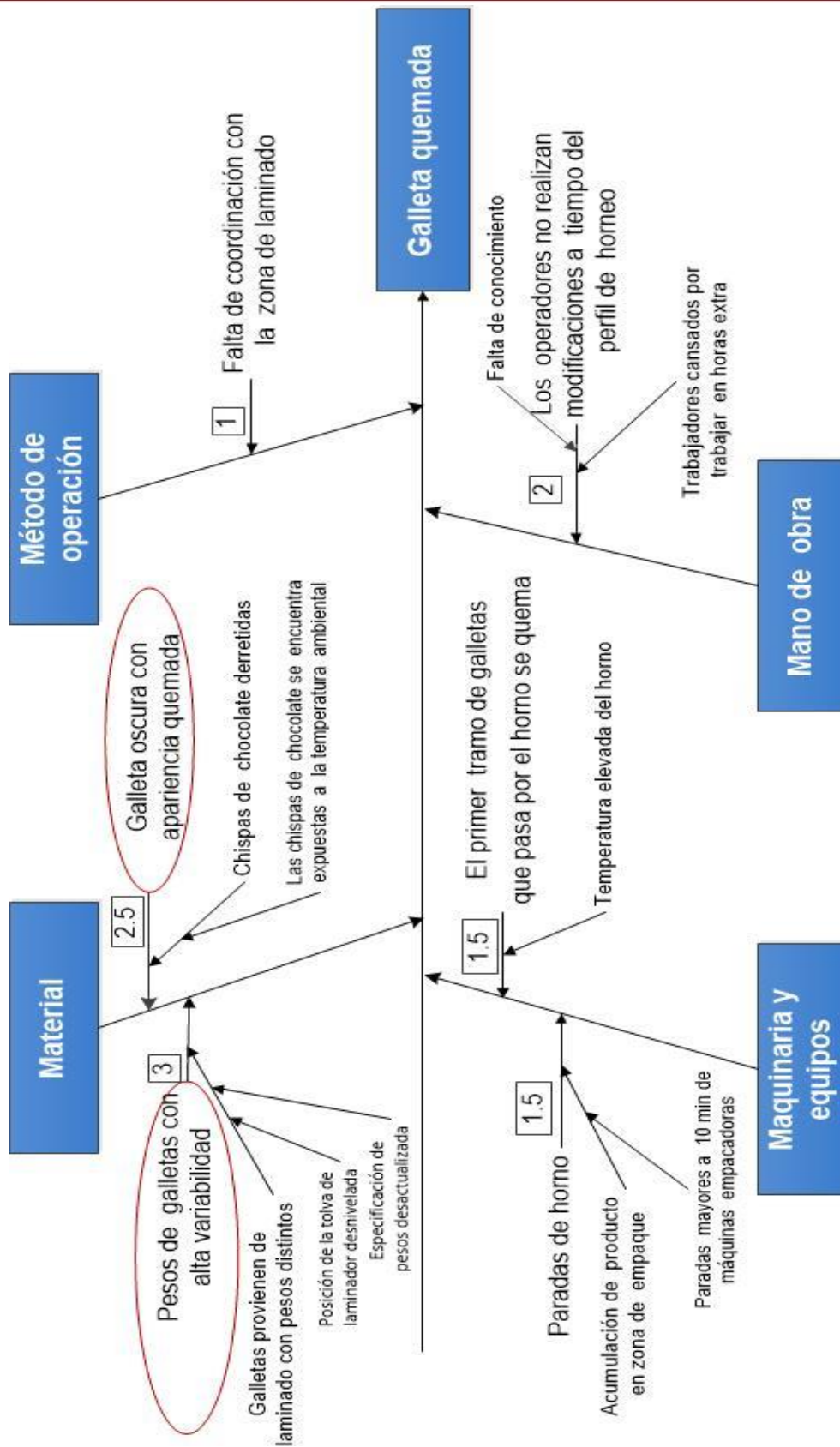


Figura 20: Diagrama Causa – Efecto para la generación de galleta quemada

Luego de haber analizado las causas de los problemas. A continuación se presenta una descripción más detallada de las causas más relevantes:

- Para iniciar la producción de galletas, se enciende el horno y se programan las temperaturas en cada zona del horno. Se tiene que esperar en promedio 1 hora para alcanzar la temperatura deseada. Luego, al iniciar la producción, el primer tramo de galletas que pasa por la banda del horno sale quemada y tiene que ser desechada, esto sucede al inicio ya que el horno está a una temperatura muy elevada y luego de pasar el primer tramo de galletas recién se logra adecuar la temperatura dentro del horno.
- De forma similar sucede cuando se realizan paros mayores a 10 minutos en empaque. Esto genera que se detenga el proceso de laminado hasta poder solucionar el problema. Luego al iniciar nuevamente, el horno eleva la temperatura y el primer tramo de galletas sale quemada al igual que al inicio de la producción.
- Las galletas que se obtienen en el proceso de laminado tienen pesos variables y no cumplen con la capacidad del proceso. Esto se desarrollará más adelante en el análisis de la zona de laminado. La alta variabilidad se puede ver en la Tabla 9.
- Otro factor que se ha identificado en el proceso de horneado es que muchas veces la galleta tiene la apariencia de estar quemada ya que las chispas de chocolate se derriten en el proceso de laminado y del horno. Cuando el chocolate se derrite mancha la masa de la galleta y le brinda apariencia oscura.

En la empresa, las chispas de chocolate se mantienen congeladas en el almacén de materias primas. El cual se encuentra a 120 m de la zona donde se preparan las masas. Como la distancia entre la zona de preparación de masas y el almacén de materias primas es larga, los operadores llevan chispas de chocolate a la zona de preparación de masas para la producción de 8 bateas de masa, Las chispas de chocolate están en cajas y son colocadas sobre una parihuela y pueden permanecer sin refrigeración hasta 6 horas. Esto contribuye a que las chispas se derritan más fácilmente. En la Figura 33 se muestra el esquema de la ubicación actual de las cajas de chispas de chocolate.

Además esto resulta más crítico entre los meses de Diciembre y Abril donde la temperatura del ambiente es más elevada.

IV. Laminado

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 15, la cantidad de merma y desperdicios que se genera en este proceso representa el 7.3% del total. Esta cantidad se encuentra fuera del 80% acumulado del total de desperdicios. Sin embargo, se analizará este proceso ya que se ha identificado en las etapas de bandas de enfriamiento, empackado primario y horneado analizadas anteriormente que existen problemas que tienen como causa raíz a otros problemas que se originan durante el laminado.

Una variable principal del proceso es el peso de las galletas. El proceso de laminado es una etapa crítica, la cual contribuye en mayor parte a obtener el peso dentro de las especificaciones luego del proceso de horneado donde se obtiene el producto listo para empackar y luego del horneado ya no se puede realizar modificaciones o correcciones en el producto obtenido.

Es por esta razón que se debe asegurar que este proceso sea capaz de cumplir con los requerimientos pues de lo contrario se generará merma en las etapas siguientes del proceso.

En la Tabla 8 se presentan una muestra de pesos en gramos de 30 datos analizados. Debido a que existe variación en la distribución de la masa en la tolva del cortador de alambre, los pesos en cada fila serán diferentes. Por ello, se consideró el promedio de los pesos de 2 filas consecutivas para el análisis.

Tabla 8: Promedio de pesos por fila

N° muestra	Peso Fila 1 - Fila 2	Peso Fila 3 - Fila 4	Peso Fila 5 - Fila 6	Peso Fila 7 - Fila 8	Peso Fila 9 - Fila 10
1	112	115	111	114	117
2	113	114	109	113	113
3	119	110	110	118	113
4	115	110	112	108	112
5	113	115	116	112	120
6	113	110	119	113	114
7	119	110	109	113	112
8	109	119	112	110	116
9	119	117	115	108	107
10	120	115	112	112	120
11	112	114	109	112	113
12	114	110	113	114	112
13	108	114	112	123	113
14	117	114	115	105	119
15	114	107	115	115	112
16	122	120	117	110	113
17	114	118	117	118	118
18	115	114	118	109	118
19	114	114	114	115	108
20	110	108	114	121	118
21	108	111	111	114	119
22	112	107	111	116	116
23	116	114	115	114	110
24	110	119	113	115	113
25	113	112	110	117	116
26	115	114	113	114	116
27	115	116	108	113	116
28	125	120	109	109	118
29	114	107	111	112	114
30	117	111	117	120	118

Elaboración Propia

Con los datos de las muestras primero se realizó la prueba de normalidad, a continuación se realizaron las gráficas de control para muestras individuales del promedio de los pesos y luego se realizó el análisis de capacidad. Los datos obtenidos en las pruebas se resumen en la Tabla 9. Para ver las gráficas de control revisar el Anexo 3.

Tabla 9: Resumen de análisis estadístico de pesos de galleta por filas

	P-value	LCS	LCI	Puntos fuera de control	Cp	Cpk
Fila 1 - Fila 2	0.228	126.95	102.19	0	0.32	0.16
Fila 3 - Fila 4	0.128	124.31	102.29	0	0.36	0.29
Fila 5 - Fila 6	0.347	120.05	105.75	0	0.56	0.50
Fila 7 - Fila 8	0.402	126.04	101.09	0	0.32	0.24
Fila 9 - Fila 10	0.104	125.9	103.7	0	0.36	0.15

Elaboración Propia

En la Tabla 9 se puede observar que todas las filas cumplen con la prueba de normalidad ya que el valor de p-value > 0.05 . Se realizaron las gráficas de control para valores individuales del promedio de los pesos de 2 filas consecutivas y se obtuvieron los valores de LCS y LCI inferior.

Así mismo, se puede observar que los valores de Cp y Cpk son menores a 1, lo cual indica que el proceso no es capaz y entrega unidades que no cumplen con las especificaciones de peso. Sin embargo, se puede observar que en el promedio de las filas 5 y 6 la capacidad a pesar de ser menor que 1 es mayor que en las otras filas. Esto se debe a que estas filas están ubicadas al centro de la tolva del cortador de alambre y se tiene una mejor distribución de la masa en esta posición a diferencia de las filas ubicadas en los extremos. Con este análisis se puede evidenciar la alta variabilidad de este proceso, lo cual representa una oportunidad de mejora.

En la Figura 21 se presenta el diagrama de causa Raíz para el problema de variabilidad de los pesos en el proceso de laminado.

La evaluación del impacto se realizó con una puntuación de 1 a 3, donde 3 significa que contribuye más al problema principal, mientras que 1 representa el menor grado de contribución.

En la Tabla 10 se presenta la puntuación de cada rama del diagrama mostrado en la Figura 21.

Las causas que cuentan con una puntuación mayor 2.5 son las causas principales que generan el problema ya que tienen una puntuación mayor al 80%.

Tabla 10: Evaluación de causas que generan problemas en el laminado

	Frecuencia	Impacto sobre el problema	Puntuación
Variación de textura de masas	2	2	2
Necesidad de calibraciones de cortador de alambre	2	1	1.5
Generación de desperdicios en cuarto de batea	2	2	2
Espaciamiento estrecho entre galletas en banda	3	2	2.5
Acumulación de masa en extremo izquierdo de tolva wirecut	2	3	2.5
Diferencia en frecuencia de controles de proceso por operador	1	2	1.5
Errores de dosificación	1	3	2
Calibración manual de dosificadores de masa del cortador de alambre	3	1	2
Variaciones en métodos de operación	2	2	2
Especificaciones de manufactura desactualizadas	3	3	3

Elaboración propia

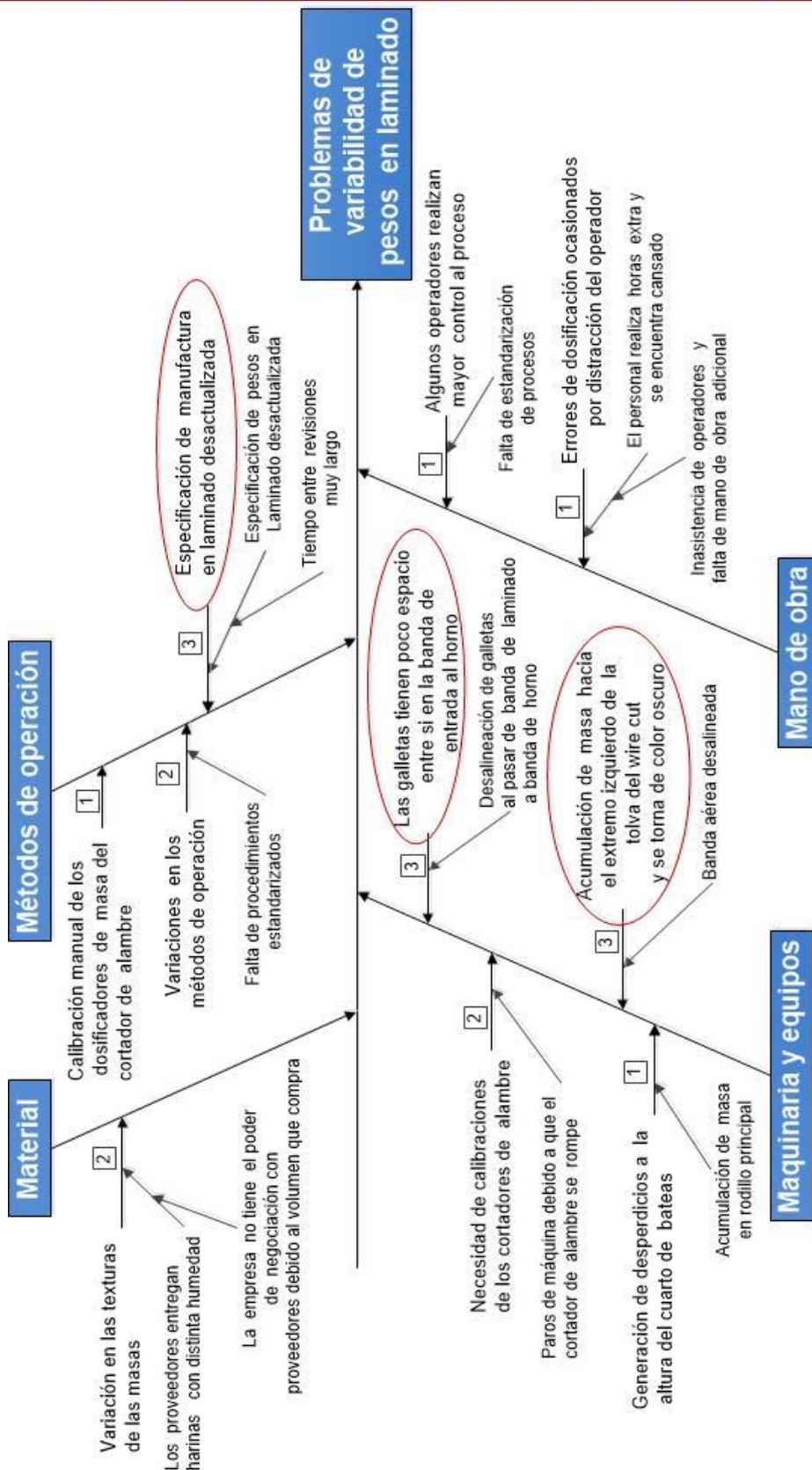


Figura 21: Diagrama Causa – Efecto para la variabilidad de los pesos en el laminado

Elaboración propia

A partir de la Figura 21 se ha identificado las causas principales que ocasionan la variabilidad de los pesos de la galleta y pueden clasificarse según lo siguiente:

a) Falta de procedimientos estandarizados

Actualmente, muchos de los procedimientos realizados en la etapa de producción se realizan basados en la experiencia de los operarios y no se cuenta con un procedimiento estandarizado en el que se especifique claramente cuáles son los procedimientos que deben realizar.

Así mismo, se ha podido observar que las especificaciones de control de algunas variables y los parámetros establecidos a los que se deben operar son antiguos por lo que ya no cumplen con las necesidades del proceso ni tampoco reflejan la realidad del proceso. Como se puede observar en la Tabla 9, el proceso no es capaz de entregar galletas de acuerdo a las especificaciones. Además las especificaciones con las que se cuenta actualmente no cumplen con las necesidades del proceso siguiente.

En la Tabla 11 se presenta el valor de pesos establecidos en las especificaciones actuales.

Tabla 11: Especificaciones de control de pesos de laminado

Proceso	Variable	Promedio (gr)	Rango (gr)
Laminado	Peso de masa	124.0	± 3.0

Fuente: Especificaciones de control del proceso de la empresa

Elaboración propia

Cuando se produce galletas para cumplir con las especificaciones de la Tabla 11, las galletas luego del proceso de laminado no cumplen con los límites de especificación para el peso neto del producto para ser empacado.

Así mismo, la falta de estandarización de los procesos y los parámetros de control lleva a operar en base a la experiencia del operador lo cual genera alta variabilidad en el proceso y poco control.

b) Diseño de la tolva del cortador de alambre

La distribución de la masa en la tolva del cortador de alambre no es uniforme lo cual ocasiona que los pesos en las filas del cortador sean distintos.

Ante ello se ve la necesidad de corregir este problema pues se ha determinado que el peso es una variable que se debe controlar en todos los procesos ya que la mayor cantidad de rechazos se genera por pesos fuera de especificaciones, lo cual repercute en los procesos siguientes al laminado.

Se ha podido identificar que la masa se acumula en mayor cantidad en el extremo izquierdo de la tolva lo cual genera que luego del laminado las filas ubicadas hacia ese extremo salgan con mayor peso. Mientras que las filas ubicadas en la zona central de la tolva, presentan un peso más uniforme como se presenta en la Tabla 9.

Así mismo, la masa se acumula en ambos extremos de la tolva, las chispas de chocolate se derriten y la masa se vuelve de color oscuro por lo que se desecha la masa que se va acumulando cada cierto tiempo.

3.3.2. Para la Familia Graneles:

Se ha identificado que cuando se produce la familia Graneles se genera alta cantidad de mermas. Es así que en algunas ocasiones se ha superado los 600kg de mermas.

Las mermas y desperdicios se generan en las etapas de laminado, en el horno y en las bandas de enfriamiento.

En la Figura 22 se muestra el Diagrama de Pareto de la cantidad de merma clasificada por zonas para la familia Graneles.

Para realizar el diagrama se utilizó la cantidad de merma registrada durante los meses de agosto a diciembre de 2013.

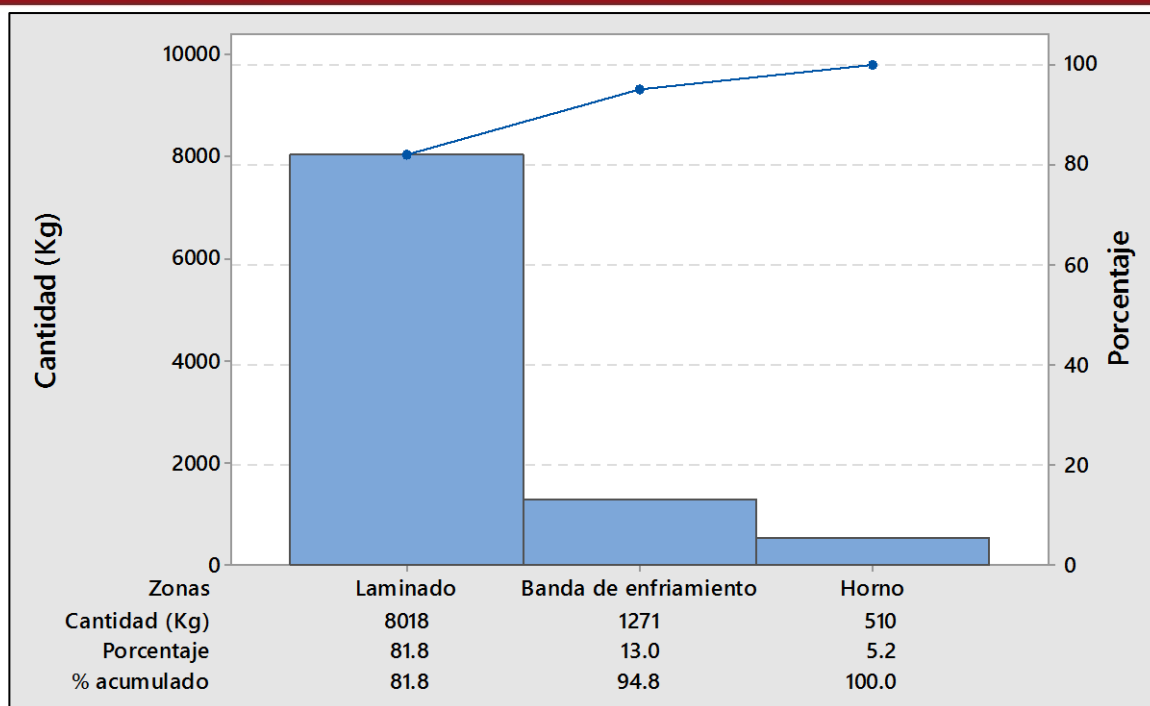


Figura 22: Diagrama de Pareto de mermas por Zonas para la familia Graneles

Elaboración propia

En la Figura 22 se puede observar que la merma se genera principalmente en el proceso de laminado. Lo que representa el 82% de la merma total.

En el proceso de laminado la masa pasa a través de un rotocortador. Este es un rodillo con agujeros a través del cual pasa la masa y se obtiene la galleta en forma circular.

Durante las visitas realizadas a la planta y en las entrevistas con los operadores se ha identificado que se pierde recorte de masa debido a lo siguiente:

- Pruebas de calidad:
El operario laminador toma muestras de 10 galletas cada 20 minutos para medir el peso de las galletas. Según los pesos de las muestras el laminador realizará calibraciones en su máquina. Estas muestras luego de ser medidas deben ser descartadas y se acumulan en la bolsa de desperdicios. Estas galletas son desechadas necesariamente para evitar riesgos de contaminación ya que han estado en contacto con los equipos de medición y han sido manipuladas.
- Acumulación de recortes de masa en el rotocortador:

También se ha observado que la masa se acumula a los extremos del rotocortador en cantidades pequeñas, en promedio 3% de la merma registrada en el proceso.

- Acumulación de residuos de masa en la banda:

Se ha identificado que parte de la masa que es transportada por la banda a la salida del rotocortador se queda adherida a esta. Luego, una cuchilla retira estos residuos. De acuerdo a los datos registrados en la Tabla 12, en promedio se genera 110 kg por turno.

Este es el motivo principal por el cual se genera gran cantidad de merma en el proceso.

Identificación de las causas por las cuales la masa se adhieren la banda:

La masa de la Familia Graneles, a diferencia de las otras familias que se producen en esta línea utiliza bastante cantidad de manteca entre sus ingredientes por lo que esta masa tiene una textura más pegajosa y se queda adherida a la banda.

En la Figura 23 se muestra la banda a la salida del rotocortador. Las dimensiones de la banda son de 6.34 m de largo y 0.9m de ancho.



Figura 23: Banda de salida de rotocortador

Fuente: La empresa

Esta es una banda tejida de algodón, no es completamente lisa. A diferencia de las bandas que se encuentran en los procesos siguientes, esta banda tiene una textura más áspera la cual permite que la banda ejerza mayor fuerza de tracción sobre el rotocortador para poder despegar las galletas del rotocortador. La textura de la banda se puede apreciar en la Figura 24.

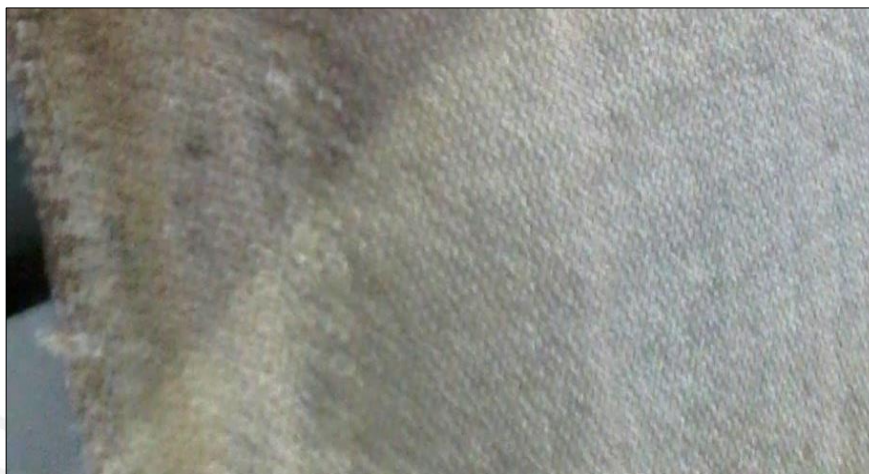


Figura 24: Textura de la banda de laminado

Fuente: La empresa

Como ya se mencionó anteriormente la masa de la familia Graneles es pegajosa y se queda adherida entre las ranuras de la banda. Cuando la banda gira para continuar con su recorrido una cuchilla desprende la masa que quedó adherida.

La cantidad de merma generada por día solo en la etapa de laminado es bastante alta como se puede apreciar en la Tabla 12.

La merma que se genera en este proceso es recolectada en bolsas negras para desperdicios. Al final del turno, se recolectan las bolsas con desperdicios, se pesan y luego son retiradas para desecharlas.

De acuerdo a los datos registrados durante 30 días que se presentan en la Tabla 12, se ha obtenido valores de merma entre 207 y 487 kg.

Tabla 12: Cantidad de merma en la etapa de Laminado para la Familia Graneles

Día	Cantidad (kg)	Día	Cantidad (kg)	Día	Cantidad (kg)
1	377	11	225	21	360
2	345	12	310	22	207
3	400	13	345	23	325
4	330	14	285	24	300
5	487	15	255	25	330
6	325	16	270	26	290
7	306	17	245	27	490
8	275	18	465	28	338
9	341	19	202	29	285
10	220	20	390	30	306

Elaboración Propia

En la Figura 25 se presenta el resultado de realizar la prueba de normalidad a los datos registrados en la Tabla 12. Se puede concluir que los datos son normales dado que el $p\text{-value}=0.222 > 0.05$.

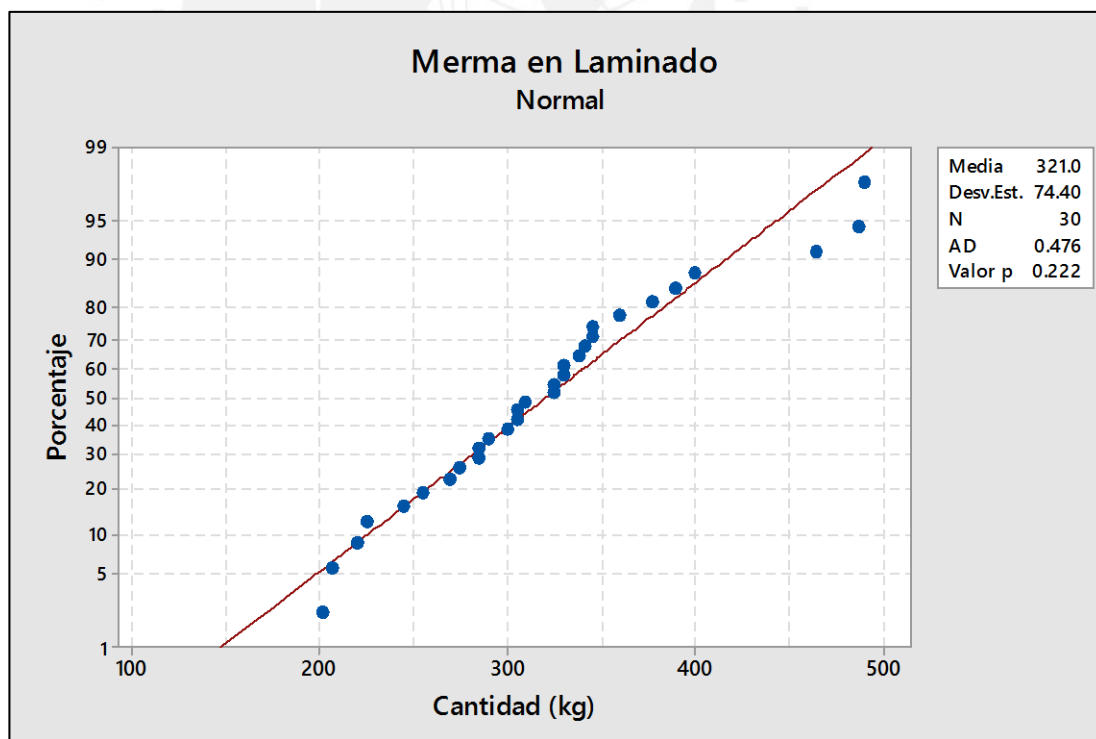


Figura 25: Prueba de normalidad de la merma en Laminado

Elaboración propia

En la Figura 26 se presenta la gráfica de control de valores individuales para las mermas en la zona de laminado, en este caso el LCS es 546.7 y el LCI 95.3. En la muestra tomada todos los puntos están dentro de control. Sin embargo, no se puede concluir que el proceso sea bueno ya que existe un amplio rango entre los límites de control superior e inferior el cual es de 225.7

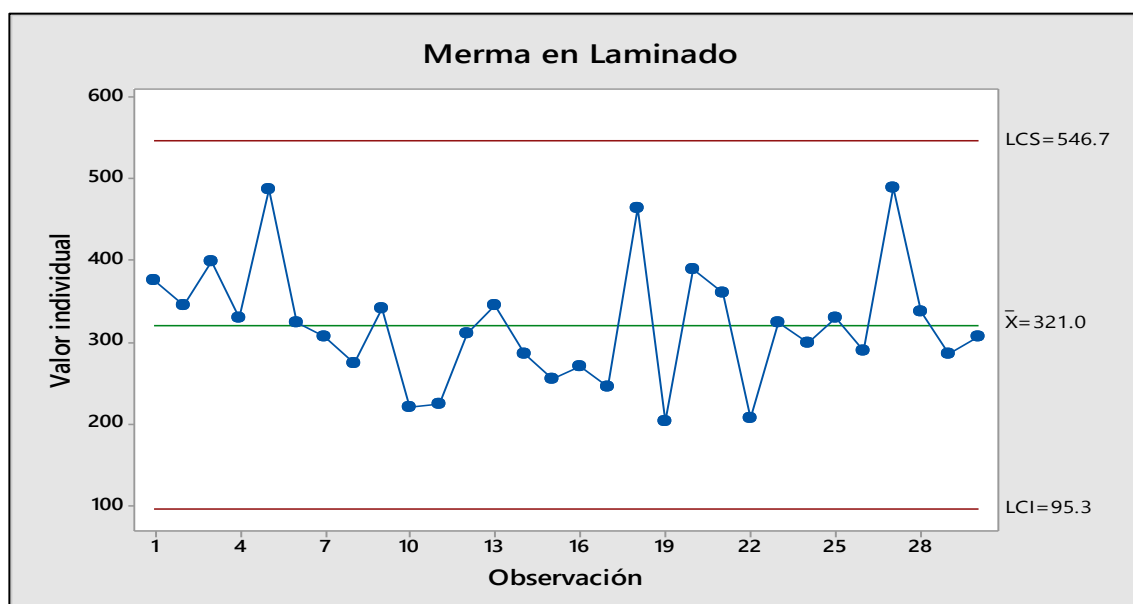


Figura 26: Gráfica de control para las mermas en Laminado

Elaboración propia

Así mismo, en las bandas de enfriamiento se genera el 13% de mermas según los resultados obtenidos en el Diagrama de Pareto de la Figura 22. La merma generada en esta zona se debe a lo siguiente:

- La galleta se quiebra y tiene que ser desechada.
- Al iniciar la producción, el primer tramo de galletas que pasa por el horno sale quemado o con bastante humedad debido a que el horno toma un tiempo en alcanzar la temperatura adecuada.
- También se desecha galleta debido a que los operadores dejan caer galleta al realizar la operación de empacado en bolsas de plástico.

CAPÍTULO 4: Propuesta de mejora

En el siguiente capítulo se presentan alternativas de mejora luego de haber identificado las causas que generan el alto porcentaje de desperdicios en la Línea 2.

Se desarrollarán propuestas para la Familia 1 y la familia Graneles, las cuales fueron analizadas anteriormente.

4.1. Propuesta de mejora para la familia 1

Luego de identificar las causas que ocasionan merma y desperdicios en el proceso productivo de la Familia 1, se han identificado 4 alternativas de solución. Las tres primeras están orientadas a reducir y disminuir los factores que contribuyen al problema y la última propuesta está orientada implementar una metodología de control.

4.1.1. Actualización de especificación de pesos en laminado

Se ha identificado que el peso en la zona de laminado tiene alta variabilidad como se muestra en la Tabla 9. Las consecuencias de este problema se pueden identificar en las siguientes etapas del proceso ya que al finalizar todo el proceso el producto final no logrará cumplir con la especificación de peso neto. Para que el producto alcance el peso neto de 45g por cada paquete individual, el peso promedio de las muestras de galletas en el proceso de horneado debe ser 112.5 ± 4 gramos.

Sin embargo, se ha identificado que con las especificaciones actuales de promedio de pesos de las muestras de galletas para la etapa del laminado no se logra cumplir con las especificaciones de pesos a la salida del horno. Esto se debe a que la galleta pierde humedad en el proceso de horneado y el peso promedio de la galleta cocida se encuentra por debajo del límite de especificación inferior.

Situación Actual

Actualmente la especificación de pesos establecida indica que el peso promedio de las muestras de galletas en el proceso de laminado es de 124 ± 3 gramos. Sin embargo, cuando se opera cumpliendo el parámetro de peso promedio igual a 124 g no se logra cumplir con las especificaciones de peso establecidas para el proceso de horneado.

En la Tabla 13 se muestran los valores de peso promedio obtenidos luego del proceso de horneado.

Tabla 13: Peso promedio de galleta cocida según especificación actual

Muestra	Peso promedio (g)	Muestra	Peso promedio (g)	Muestra	Peso promedio (g)
1	109.3	21	106.5	41	111.6
2	108.4	22	113.6	42	110.7
3	109.0	23	108.6	43	113.3
4	107.4	24	110.1	44	109.8
5	107.4	25	113.2	45	109.9
6	108.9	26	111.6	46	110.1
7	113.9	27	112.4	47	110.7
8	110.9	28	114.9	48	109.4
9	111.3	29	107.3	49	111.0
10	113.1	30	109.9	50	111.3
11	110.5	31	111.9	51	108.3
12	111.6	32	110.4	52	109.1
13	108.2	33	111.6	53	108.7
14	112.5	34	109.5	54	112.4
15	105.2	35	110.0	55	112.9
16	107.0	36	106.8	56	111.8
17	112.3	37	107.5	57	110.1
18	106.2	38	111.1	58	107.5
19	110.3	39	107.1	59	111.5
20	113.6	40	108.7	60	110.7

Fuente: La empresa

Elaboración propia

En la Figura 27 se presenta el resultado de realizar la prueba de normalidad a los datos registrados en la Tabla 13. Se puede concluir que los datos son normales dado que el $p\text{-value}=0.844 > 0.05$

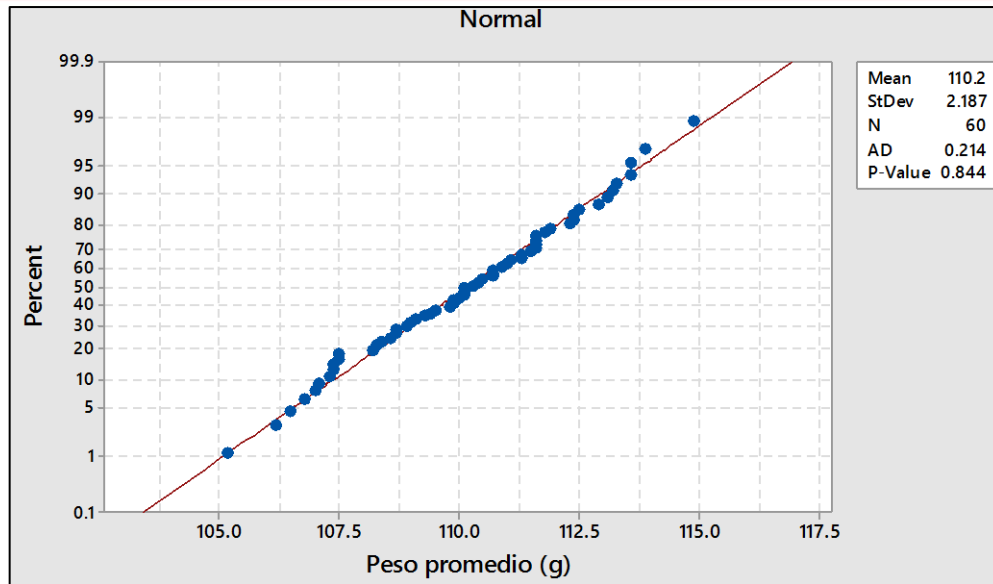


Figura 27: Prueba de normalidad de peso promedio de galleta cocida según especificación actual

Elaboración propia

En la Figura 28 se presenta la gráfica de límites de control de las 60 muestras de peso de galleta cocida. Como se puede ver todos los puntos están dentro de los límites de control y además todos los puntos cumplen con los 8 criterios evaluados por el *Minitab*. Se puede observar que el LCS= 116.76 gramos y el LCI=103.59 gramos.

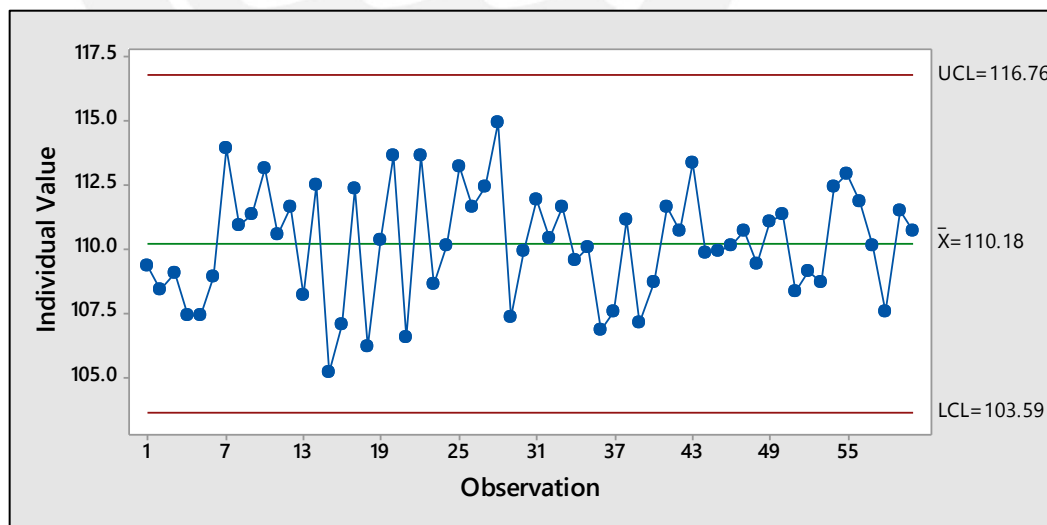


Figura 28: Gráfica de control de peso promedio de galleta cocida según especificación actual

Elaboración Propia

En la Figura 29 se presenta el gráfico de capacidad de proceso del peso de las muestras de galleta cocida. La capacidad de proceso se calculó de acuerdo a los límites de especificación establecidos por la empresa para el promedio de pesos de galleta cocida, estos límites son LEI=108.5 gramos y LES= 116.5 gramos.

En la Figura 29 se puede apreciar que el valor de Cp es $0.61 < 1$ lo cual indica que el proceso no es capaz en entregar productos de acuerdo a las especificaciones. Además, vemos que el valor de Cpk es $0.25 < 1$ esto se debe a que el gráfico obtenido no está centrado y se puede observar que la media de los datos analizados está más pegada hacia el límite de especificación inferior por lo que se está entregando productos por debajo del peso deseado.

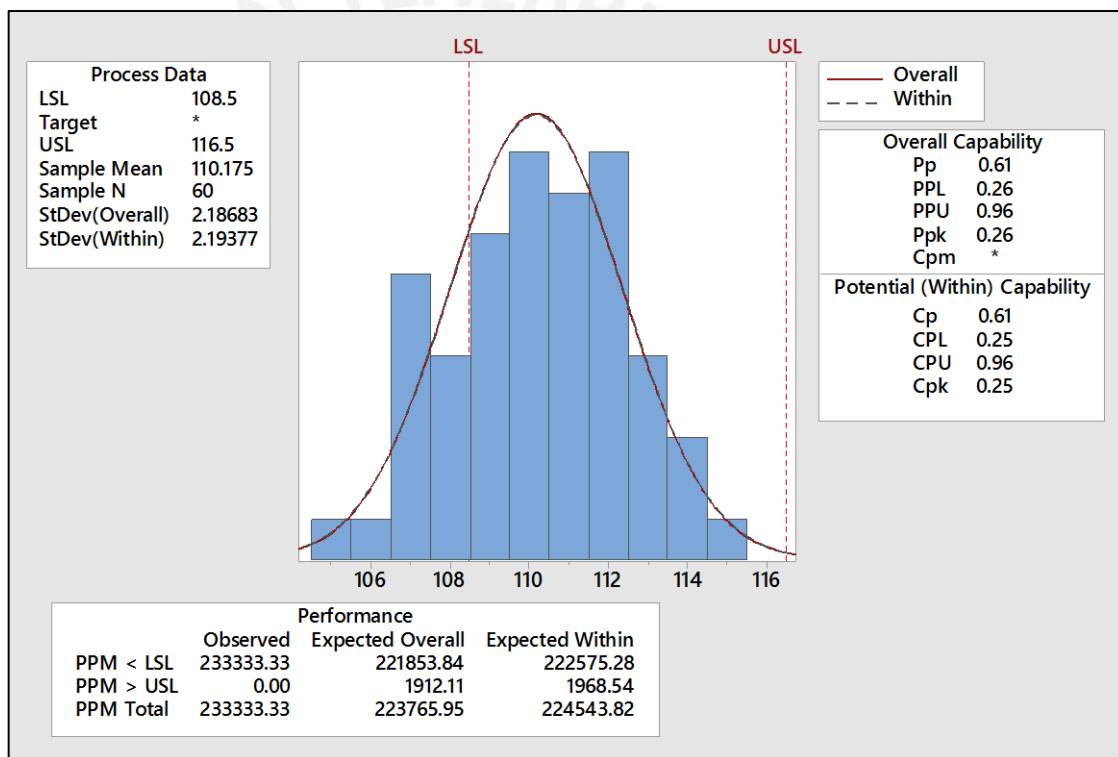


Figura 29: Análisis de capacidad de peso promedio de galleta cocida según especificación actual

Elaboración propia

Situación Propuesta

Con la finalidad de mejorar la capacidad del proceso y cumplir con las especificaciones establecidas para el peso de la galleta cocida se propone modificar los límites de control de peso promedio de galleta húmeda en la etapa de laminado. A diferencia de

la especificación actual se plantea incrementar el peso promedio de la galleta húmeda de 124 gramos a 126 gramos con lo cual la especificación de pesos de galleta húmeda sería 126 ± 3 gramos.

En la Figura 28 se puede observar que la media actual del proceso es 110.18 gramos, es decir se encuentra 2.32 gramos por debajo del valor central de especificación el cual es 112.5 gramos. Es por ello que se propone un incremento de 2 gramos en el peso promedio de la galleta húmeda ya que al pasar por el horno, la galleta perderá humedad y se logrará obtener galleta cocida con pesos dentro de especificación.

Se ha realizado pruebas durante un día de producción incrementando el peso promedio de galleta húmeda al rango propuesto de 126 ± 3 gramos. Luego se registraron los pesos promedio de galleta cocida al final del horno y los valores obtenidos de las muestras se evidencian en la Tabla 14.

Tabla 14: Peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta

Muestra	Peso promedio (g)	Muestra	Peso promedio (g)	Muestra	Peso promedio (g)
1	114.2	21	112.6	41	113.4
2	112.1	22	112.7	42	114.6
3	113.4	23	113.9	43	116.0
4	110.2	24	111.0	44	114.3
5	113.3	25	112.0	45	114.0
6	112.1	26	114.6	46	112.7
7	112.7	27	111.7	47	107.5
8	112.9	28	111.8	48	109.2
9	110.7	29	113.3	49	107.9
10	109.0	30	114.5	50	111.0
11	111.2	31	110.2	51	111.2
12	113.8	32	109.8	52	114.2
13	111.6	33	114.7	53	113.8
14	111.9	34	114.8	54	114.0
15	112.5	35	109.6	55	108.4
16	113.2	36	116.2	56	114.1
17	112.9	37	111.5	57	113.2
18	112.4	38	110.8	58	110.9
19	113.1	39	113.3	59	113.7
20	112.5	40	112.0	60	111.6

Fuente: La empresa

Elaboración propia

En la Figura 30 se muestra la prueba de normalidad realizada para los datos presentados en la Tabla 14. Se puede concluir que el proceso sigue la distribución normal ya que $p\text{-value} = 0.204 > 0.05$

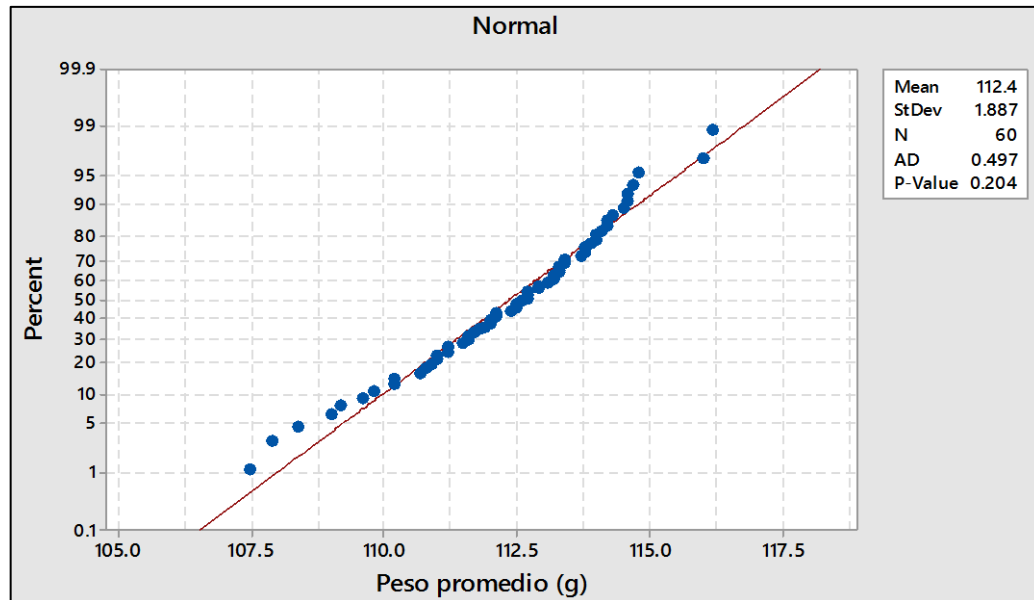


Figura 30: Prueba de normalidad de peso promedio de galleta cocida según especificación propuesta

Elaboración propia

En la Figura 31 se presenta la gráfica de control de valores individuales para el peso promedio de galleta cocida, en este caso el LCS=117.44 y el LCI=107.31. Todos los puntos de la gráfica se encuentran dentro de los límites de control y además se cumple los otros criterios evaluados por el *Minitab*.

En la Figura 32 se puede apreciar que el valor de C_p es $0.73 < 1$, esto indica que el proceso aun no es capaz de entregar productos de acuerdo a las especificaciones. Además, vemos que el valor de C_{pk} es $0.71 < 1$ lo cual indica que el proceso no se encuentra centrado.

Sin embargo, se puede apreciar una mejora respecto a la situación actual ya que el proceso se encuentra más cerca de estar centrado a diferencia del proceso actual como se muestra en la Figura 29 en el que el valor de $C_{pk}=0.25$ y $C_p=0.61$.

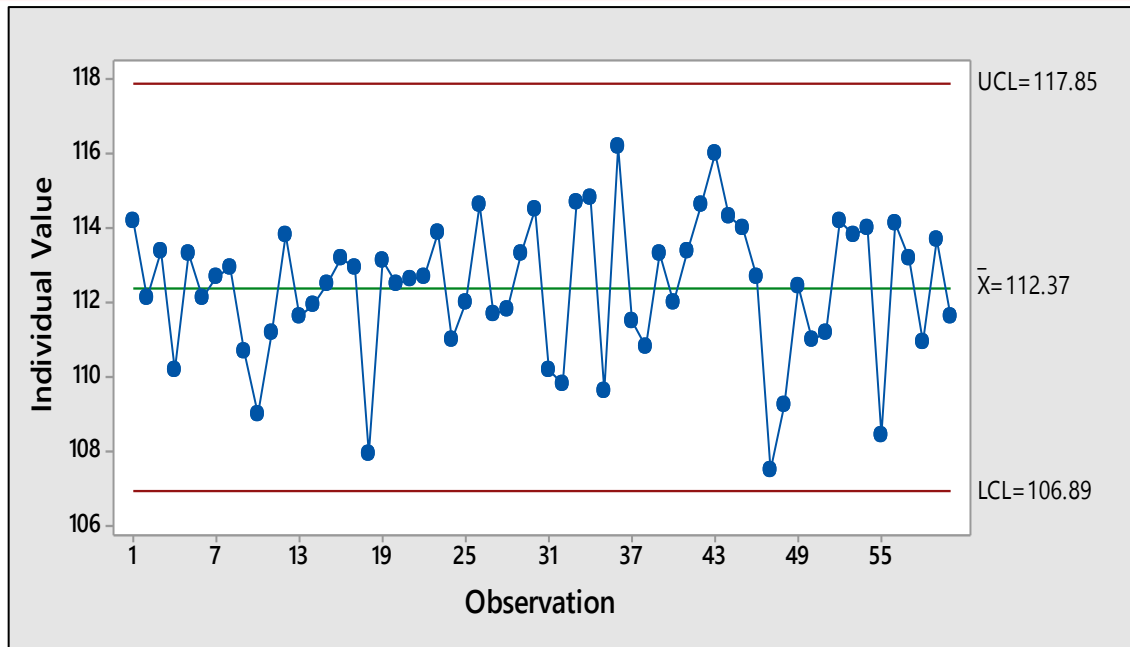


Figura 31: Gráfica de control de peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta

Elaboración Propia

También se puede ver evidenciada la mejora en el proceso si se cambian los límites de especificación del proceso de laminado a los valores propuestos ya que la cantidad de defectos por millón disminuye de 233,333 PPM según la Figura 29 a 50,000 PPM en la Figura 32.

Para implementar los cambios propuestos es necesario actualizar las especificaciones de manufactura de la Familia 1 con las modificaciones realizadas y a continuación comunicar a todos los operadores involucrados en el proceso para asegurar que se mantengan los cambios propuestos.

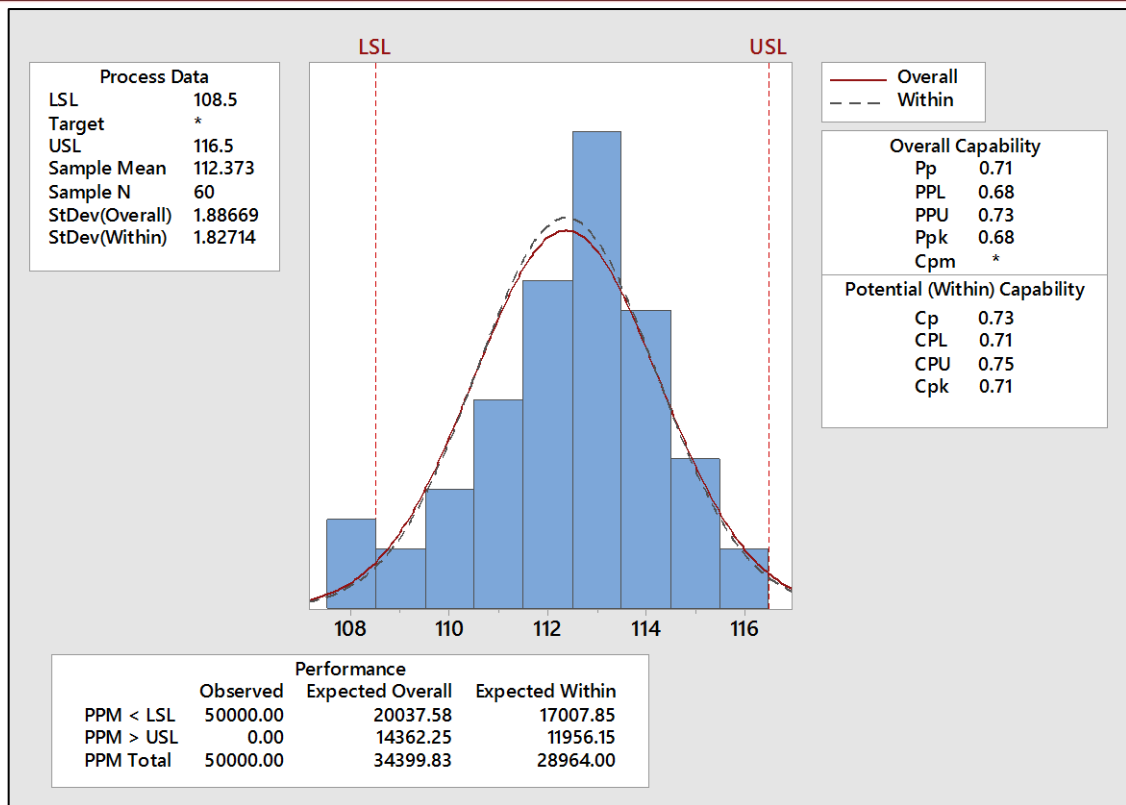


Figura 32: Análisis de capacidad de peso promedio de galleta cocida luego de especificación propuesta

Elaboración propia

4.1.2. Mejora del proceso de almacenamiento de chispas de chocolate

En el análisis realizado en la sección anterior se ha identificado que un motivo de rechazo de producto es la galleta quemada que se obtiene en el horno, esta galleta posteriormente será desechada mientras es transportada por las bandas de enfriamiento.

Sin embargo, no en todas las ocasiones que se realiza este tipo de rechazo el producto está quemado. Se ha identificado que las chispas de chocolate no cuentan con el almacenamiento adecuado por lo que se derriten con mayor facilidad y dan la apariencia de estar quemadas.

A demás, se ha registrado que este problema es más frecuente en la época de verano entre los meses de diciembre a abril en los cuales la temperatura del medio ambiente se incrementa.

Como solución a este problema se propone cambiar el método de almacenamiento de las chispas de chocolate.

Situación Actual

Las chispas de chocolate se retiran del almacén de materias primas donde se almacenan en un frigorífico y se trasladan a la Línea de producción. En la zona de preparación de masas estas son apiladas en torres de cajas sobre una parihuela de madera expuesta a la temperatura del ambiente para luego retirarlas en la cantidad necesaria para preparar un lote de producción en la mezcladora. En la Figura 33 se muestra el plano del área de masas donde se apilan actualmente las chispas de chocolate.

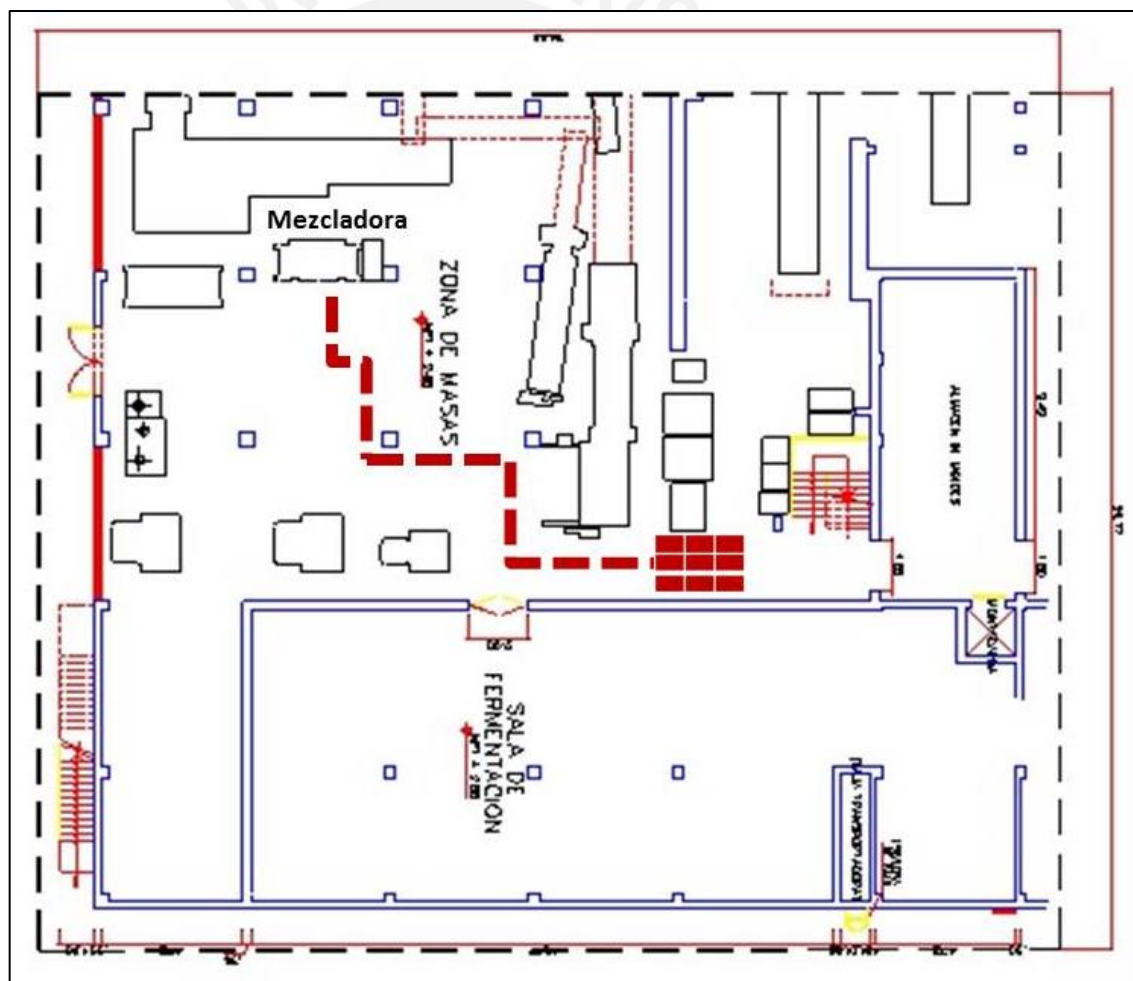


Figura 33: Ubicación actual

Fuente: La empresa

El operario traslada las cajas de chispas de chocolate necesarias para producir hasta 8 lotes, una batea se produce cada 40 minutos, con lo cual las chispas de chocolate pueden esperar a temperatura ambiente hasta por 5.3 horas.

La temperatura del ambiente supera los 25°C lo cual genera que las chispas de chocolate pierdan consistencia y se derritan en menor tiempo.

El personal encargado de trasladar la materia prima hasta la zona de preparación de masas actualmente retira las chispas de chocolate del almacén de materias primas ubicado a 35 metros de esta zona.

El procedimiento se realiza de acuerdo al método descrito debido a que el almacén de materias primas se encuentra alejado y el operador no se podría desplazar 120 metros para ir a retirar las chispas de chocolate congeladas y regresar a la zona de preparación de masas cada 40 minutos.

Situación Propuesta

Se propone cambiar el método de almacenamiento de chispas de chocolate y mantenerlas refrigeradas durante todo el tiempo con la finalidad de evitar que las chispas de chocolate se derritan en las etapas de mezclado y laminado. Ello evitará que la masa no se oscurezca y la galleta final no se deseche por tener apariencia de estar quemada.

Con el nuevo método de almacenamiento las chispas de chocolate permanecerán congeladas en la zona de preparación de masas cerca a las máquinas mezcladoras a una temperatura menor a 8°C a diferencia de la situación actual en la que pueden estar a temperaturas por encima de los 25°C

Para cambiar el método de almacenamiento se propone adquirir un congelador industrial que pueda ser ubicado en la zona de preparación de masas. El congelador se ubicará en la zona de laminado pegado hacia la pared como se puede apreciar en el gráfico verde mostrado en la Figura 34 a diferencia de la ubicación anterior de las cajas apiladas en la parihuela como se muestra en la Figura 33.

Además la ubicación propuesta para el congelador no interfiere el tránsito en la zona como si lo hace la ubicación actual de la torre de chispas de chocolate colocadas sobre la parihuela de madera.

El congelador industriales propuesto cuenta con dos espacios para el almacenamiento, cada uno con una puerta independiente. A diferencia del método anterior para almacenar las chispas de chocolate se deben retirar de las cajas y a continuación colocarlas en el congelador únicamente en bolsas. En cada espacio del congelador se puede almacenar entre 12 a 14 bolsas de chispas de chocolate. Cada bolsa pesa 18 kg. Para el siguiente análisis se considerará que se almacenan 12 bolsas por cada espacio del congelador.

Al iniciar la producción de la Familia 1 se debe reponer el congelador con 24 bolsas de chispas de chocolate, ello equivale a 432 kg de producto. Durante cada turno se pueden procesar hasta 11 lotes, la cantidad de chispas almacenada en el congelador alcanza para procesar 8 de estos lotes. Si la línea opera a su capacidad estándar de 11 lotes por turno, entonces el congelador deberá reponerse 4 veces al día.

Actualmente se cuenta con espacio suficiente en la zona de laminado y se podrían instalar hasta 2 congeladores industriales. Esto permite aumentar la capacidad de almacenamiento de chispas a 864 kilogramos y reducir el tiempo de reposición de congeladores a 2 veces por día. Sin embargo, esto implicará una mayor inversión en equipos por lo que mientras se mantenga a capacidad de producción de la línea se propone iniciar con la implementación de un solo congelador.

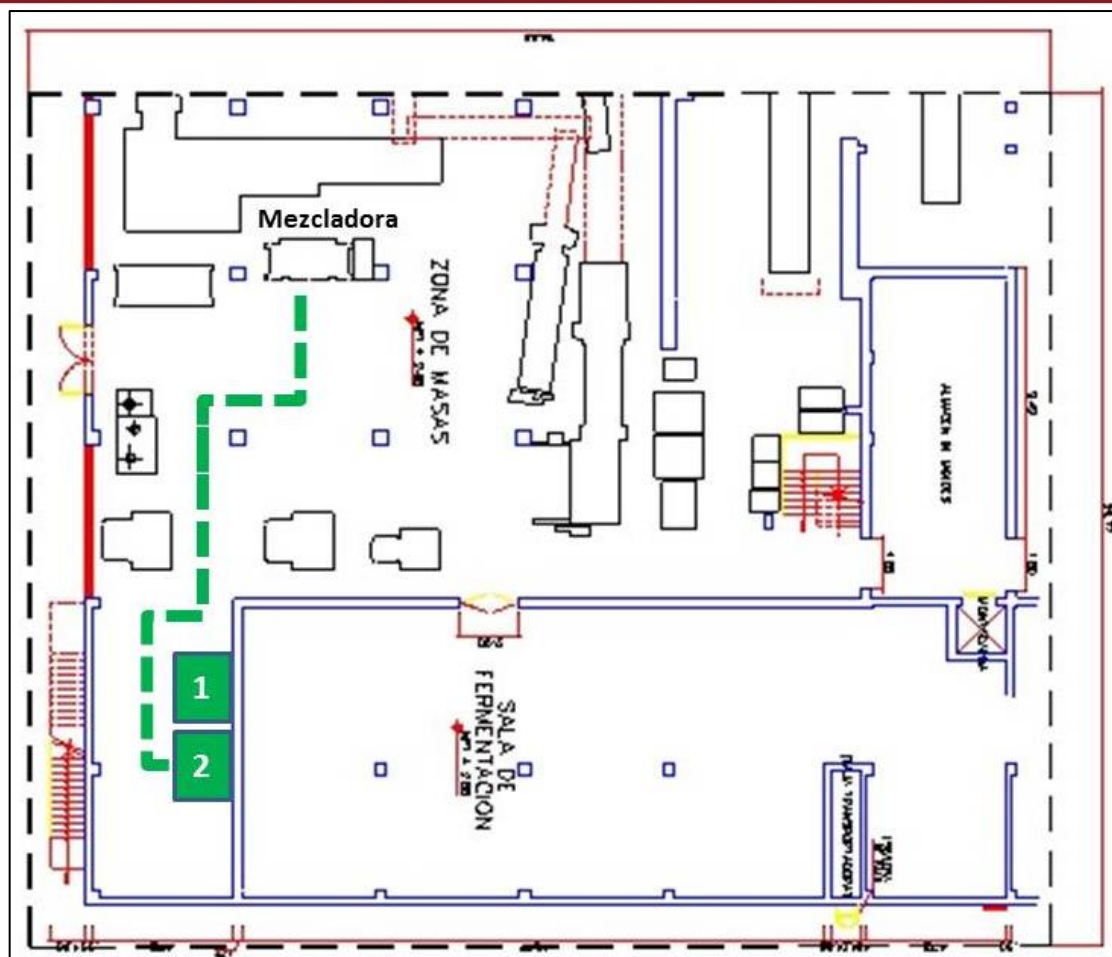


Figura 34: Ubicación propuesta

Fuente: La empresa

4.1.3. Implementación un guiador de galletas

Como ya se explicó anteriormente, las galletas al pasar de la banda de laminado hacia la banda de entrada al horno se desalinean y la separación que existe entre ellas disminuye por lo que luego del proceso de horneado salen unidas como se puede ver en el esquema mostrado en la Figura 16.

Con la finalidad de buscar una solución a este problema se ha desarrollado un *kaizen*, proyecto de mejora, el cual consiste en la implementación de un “Guiador de galletas”. Este es un dispositivo metálico que se ensambla sobre la banda transportadora y tiene guías metálicas que evitan que las galletas pierdan la alineación en la banda. Una vez

que este dispositivo es colocado sobre la línea no es necesario que se tenga que cambiar de posición o realizar algún ajuste.

Esta idea se desarrolló con la ayuda de los operadores quienes conocen y tienen experiencia en el proceso, también participó el Jefe de línea. Luego de haber desarrollado la idea se contactó un proveedor que pueda desarrollar el prototipo. Una vez que se terminó la elaboración del modelo de Guiador de galletas se realizó la prueba en la Línea como se muestra en la Figura 35.



Figura 35: Guiador de galletas

Fuente: La empresa

El dispositivo desarrollado tiene como finalidad evitar que la masa de galletas se una antes de entrar al horno e impedir que la separación que debe haber entre las galletas disminuya.

Con el propósito de medir la mejora alcanzada luego de la implementación del dispositivo se cuantificó la cantidad de desperdicios registrados en la zona de bandas de enfriamiento 15 días antes de la implementación del dispositivo y luego 15 días después de la implementación. Los datos se pueden apreciar en la Tabla 15.

Se midió la cantidad de desperdicio en esta etapa ya que en las bandas de enfriamiento recién se puede apreciar si la galleta salió unida o no. De ser el caso que la galleta salió unida entonces es desechada.

Tabla 15: Cantidad de desperdicios en bandas de enfriamiento

Antes de implementación de guiador de galletas		Después de implementación de guiador de galletas	
Día	Cantidad (Kg)	Día	Cantidad (Kg)
1	231	16	136
2	163	17	96
3	188	18	104
4	198	19	72
5	136	20	97
6	198	21	96
7	168	22	82
8	202	23	85
9	212	24	94
10	191	25	85
11	111	26	52
12	195	27	94
13	123	28	103
14	153	29	78
15	215	30	106
Promedio	179	Promedio	91

Fuente: La empresa

Elaboración Propia

De la Tabla 15 se puede ver que el promedio registrado de desperdicios de galleta en las bandas de enfriamiento durante los 15 días antes de la implementación del guiador de galletas fue 179 kg por día.

Sin embargo, luego de implementar el guiador de galletas se puede ver que la cantidad de desperdicios que se registró en las bandas de enfriamiento se redujo durante los siguientes 15 días. Además, el promedio obtenido de desperdicios durante dicho periodo fue de 91 kg por día.

La disminución de la cantidad de desperdicios se debe a que el dispositivo implementado impide que las galletas se junten al pasar de la banda de laminado a la banda de entrada al horno. Ello contribuyó a que se reduzca la cantidad de galletas que salen unidas después de pasar por el horno y aumentar su volumen inicial. Por lo tanto, según los resultados promedio obtenidos en la Tabla 15 se logró una reducción

de la cantidad de desperdicios en la zona de bandas de enfriamiento del 49%. Esta reducción significativa de la cantidad de desperdicios contribuirá a los resultados globales de la Línea con lo que se logrará un aumento del rendimiento de materiales o *Yield*, el cual es un indicador importante para la empresa.

4.1.4. Propuesta de límites de control

Actualmente el registro de mermas y desperdicios se realiza en un reporte denominado "Registro de Mermas". Al final de cada turno un operador se encarga de recolectar la merma de cada zona y pesarla. Este registro permite obtener la cantidad de merma y desperdicios que se genera en cada etapa del proceso pero no posibilita identificar los motivos por los cuales se producen, ni los factores que influyen en cada etapa para su generación.

Debido a ello se propone cambiar el formato para la recolección de merma. Este formato, debe permitir obtener el detalle del tipo de desperdicio o merma que se genera en cada zona. Esto permitirá contar con información más detallada para realizar un análisis de causa - raíz e identificar el problema a tiempo.

Además, se propone utilizar la herramienta de gráficas de control en el reporte de Mermas.

A continuación se realiza una propuesta de cómo utilizar esta herramienta para el análisis de reporte de mermas. Para ello se ha empleado el porcentaje de mermas que se generó durante 30 corridas consecutivas de producción de la Familia 1. Una corrida de producción equivale a los días consecutivos en los que se procesó la familia de productos durante la semana.

La Familia 1 ocupa el 71% del tiempo de la Línea por lo que se produce hasta en 4 días consecutivos. Aproximadamente, una corrida equivale a la producción en 12 turnos consecutivos de 8 horas.

Se propone analizar el porcentaje de mermas que se genera por cada corrida y no de forma diaria ya que al inicio de la producción se genera mayor desperdicio pues se realiza el arranque y se realizan las calibraciones necesarias, mientras que durante la producción en los turnos intermedios el proceso se estabiliza y la cantidad de merma

disminuye. Por ello para evitar este tipo de tendencias se plantea analizar los datos en periodos de acuerdo a cada corrida de producción.

Durante los meses de diciembre a mayo se han realizado 17 corridas de producción. Sin embargo, para el análisis se requieren datos de por lo menos 30 corridas para que los datos sigan una distribución normal. Por este motivo se han generado 13 datos simulados a partir de los registrados. A continuación, en la Tabla 16 se presenta una muestra de 30 datos correspondientes a 30 corridas de producción. Estos datos representan el porcentaje de merma y desperdicios que se generó, lo cual para la empresa es equivalente al indicador de porcentaje de “Broken” como se explicó en el capítulo 2 de este informe.

Tabla 16: Porcentaje de merma y desperdicios de Familia 1 luego de las mejoras

Muestra	% Broken	Muestra	% Broken
1	2.35	16	2.50
2	3.20	17	2.32
3	2.24	18	2.09
4	1.39	19	2.30
5	1.85	20	1.75
6	0.71	21	3.32
7	2.44	22	2.85
8	2.24	23	2.88
9	1.61	24	2.26
10	2.34	25	2.85
11	2.13	26	2.89
12	2.28	27	2.35
13	2.09	28	2.99
14	1.22	29	2.45
15	3.48	30	2.00

Elaboración propia

En la Figura 36 se presenta la prueba de normalidad realizada a los datos. Se puede ver que los datos reportados siguen la distribución normal ya que el $p\text{-value} = 0.219 > 0.05$.

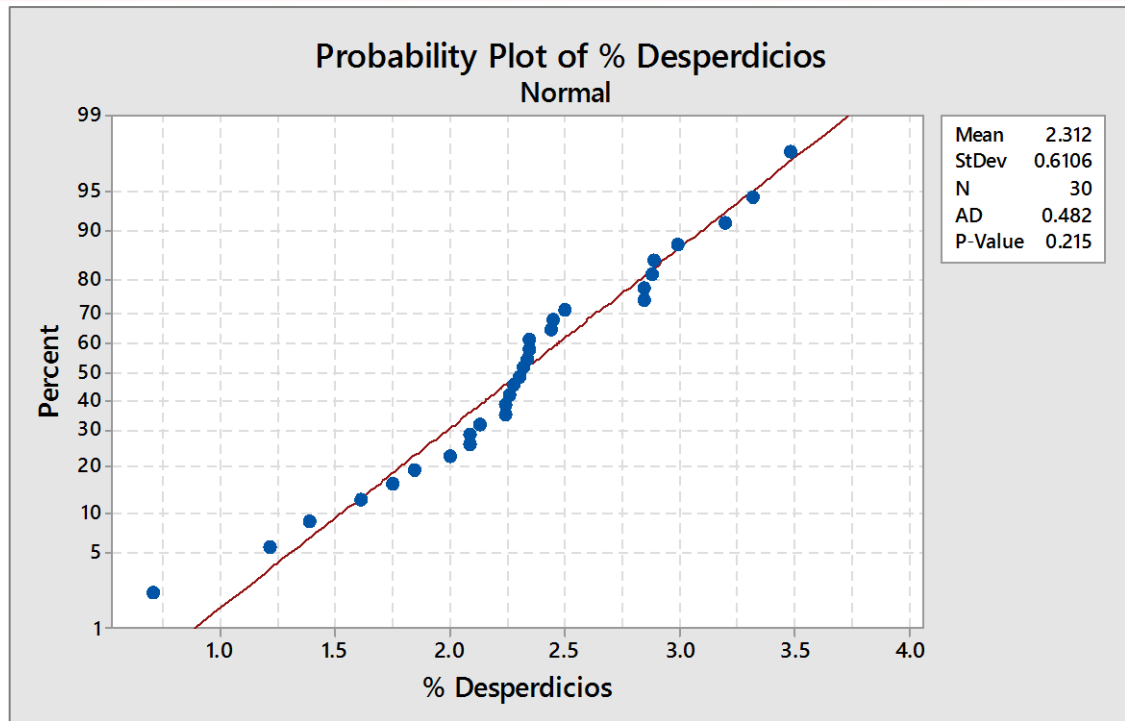


Figura 36: Prueba de normalidad para el porcentaje de mermas de Familia 1

Elaboración propia

En la Figura 37 se presenta la gráfica de límites de control de las 30 muestras. Todos los puntos están dentro de los límites de control. Se puede observar que el LCS=4.04% y el LCI=0.58%, el promedio de las mermas es de 2.31%.

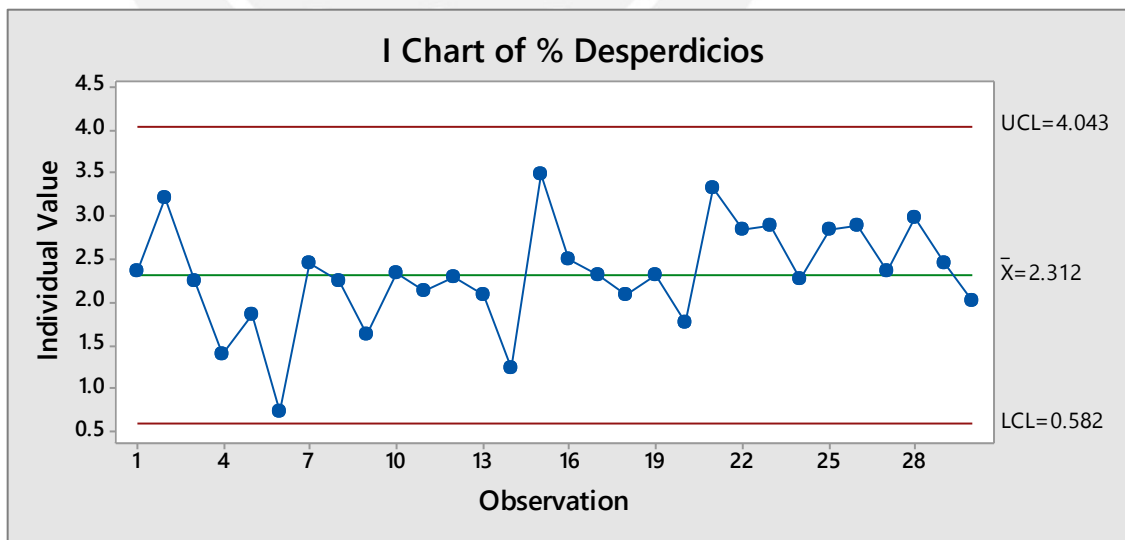


Figura 37: Límites de control para el porcentaje de mermas de la Familia 1

Elaboración propia

Se ha visto factible la disminución del valor promedio del porcentaje de mermas, ya que como se puede ver en la Figura 37 el valor promedio de merma para el 2014 es de 2.31%, mientras que en el periodo de enero a octubre de 2013 fue de 3.4%. Entonces la reducción de mermas que se ha logrado es de **32%** del 2013 al 2014.

Esta reducción se ha alcanzado con la implementación de las mejoras señaladas en los puntos anteriores como son el del guiador de galletas que como ya se explicó anteriormente evita que la galleta se una en el proceso de horneado y tenga que ser desechada por este motivo. También la mejora implementada en el método de almacenamiento de chispas de chocolate contribuye a que la galleta no cuente con apariencia de estar quemada y por ende ser rechazada.

Así mismo, con las especificaciones de pesos actualizadas para el proceso de laminado se logró disminuir la cantidad de galletas rechazadas por no cumplir con los requerimientos de peso neto luego del horneado.

Con la finalidad de identificar a tiempo cuando el porcentaje de mermas y desperdicios se incrementan se propone la utilización de herramientas de límites de control para el análisis de mermas.

Si bien se ha mejorado el indicador de *Broken*, porcentaje de mermas, el promedio actual de porcentaje de mermas obtenido para la familia 1 aun es elevado y representa costos para la empresa. Por ello se deberá seguir disminuyendo el promedio de mermas y desperdicios a niveles más bajos.

Con el propósito de establecer el valor de los límites de control adecuados, se revisó información histórica de la empresa del desempeño de los últimos 5 años como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Indicadores de 2010 a 2014 de Familia 1

	Rendimiento materiales	Desperdicio	Sobrepeso
2010	98.18%	1.55%	0.27%
2011	98.24%	1.54%	0.22%
2012	96.88%	2.85%	0.27%
2013	95.97%	3.41%	0.62%
may-14	96.86%	2.31%	0.83%

Scorecard de la empresa

Elaboración propia

Se ha observado el desempeño del producto en la planta en años anteriores de los registros expuestos en la Tabla 17 y se ha identificado que en el año 2011 se alcanzó uno de los porcentajes de mermas y desperdicios más bajos para el producto. Este valor es de 1.54%. Entonces se establecerá como objetivo disminuir el promedio de porcentaje de desperdicios a 1.54%.

De los datos en la Tabla 16 se tiene que el promedio del rango móvil es 0.65. Con el promedio de rango móvil y la estimación de la medio como 1.54% se determinó los límites de control propuestos en la Tabla 18.

Tabla 18: Propuesta de límites de control

Variable: Porcentaje de mermas	
Promedio	1.54%
LCS	3.27%
LCI	0%

Elaboración propia

El objetivo propuesto en la Tabla 18 será posible de alcanzar manteniendo las mejoras propuestas y además existe evidencia de que ese valor es alcanzable ya que son resultados obtenidos en años pasados.

Así mismo, con la finalidad de asegurar que con las mejoras propuestas se mantenga el proceso en control se plantea evaluar el porcentaje de mermas haciendo uso de Límites de Control.

Cuando se observe una tendencia de los resultados a incrementarse o el proceso salga de control se tomarán las medidas correctivas necesarias a tiempo y no después de que la situación se torne crítica como sucede actualmente. Cuando ello ocurra, se propone realizar análisis de causa – raíz de forma inmediata junto con los operadores de planta para tomar las medidas correctivas necesarias.

En la Figura 38 se presenta el procedimiento propuesto para el registro de cantidad de mermas y para el análisis del porcentaje de mermas que se genera en cada corrida.

4.2. Propuesta de mejora para la familia Graneles

De acuerdo al análisis realizado para la familia Graneles, se ha identificado que la merma se genera principalmente en el proceso de laminado como se muestra en la Figura 22.

Para solucionar el problema identificado se proponen 2 alternativas de solución. La alternativa 1 consiste en reprocesar la merma que se genera en el proceso de laminado y la Alternativa 2 propone reemplazar la banda actual por una de características diferentes y reprocesar la merma obtenida.

Todas las propuestas de mejora para la Familia 1 pueden ser aplicadas y estas se complementan entre sí lo cual permite obtener mayores beneficios. Mientras que para la Familia Graneles se ha propuesto dos alternativas de mejora. Para seleccionar la propuesta de mejora que genera mayor beneficio se desarrollará una evaluación económica de cada alternativa de mejora planteada.

4.2.1. Alternativa 1

Actualmente, el recorte de masa que se obtiene en el proceso de laminado se recolecta en bolsas para la basura y luego es desechada. Esto representa gastos para la empresa pues se está desperdiciando materia prima que puede convertirse en producto terminado.

Como alternativa de solución se propone reprocesar la merma obtenida en el proceso de laminado. Sin embargo, se debe asegurar el cumplimiento de las buenas prácticas

de manufactura y también los estándares de calidad como son el sabor de la galleta, el color, la textura, entre otros.

Por ello para determinar la cantidad que se debe reprocesar se realizaron pruebas y el área de calidad validó los estándares del proceso. A partir de estas pruebas se determinó que la capacidad máxima que se puede reprocesar por lote es de 15 kilogramos. Ello no representa inconvenientes pues la cantidad promedio de merma que se obtiene en este proceso según lo establecido en el capítulo 4 es de 110 kilogramos por turno lo cual equivale a 11 kg por lote.

Con la finalidad de asegurar el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura se propone el siguiente procedimiento para la recolección y el reproceso de la merma.

1. Para la recolección del recorte de masa se debe utilizar una bolsa transparente de polietileno, la cual se coloca debajo de la banda recolectora de recorte de masa.
2. Recolectar el recorte de masa en las bolsas de polietileno como máximo hasta 15 kilogramos. En caso la cantidad recolectada sea mayor a 15 kilogramos deberá ser desechada.
3. El operario encargado de preparar la masa debe comunicar al operario de laminado antes de iniciar la última etapa de mezclado para añadir el recorte de masa obtenido.
4. El operario laminador debe trasladar el recorte de masa y entregar la bolsa con el recorte de masa. Durante el traslado se debe mantener la bolsa cerrada para evitar que ingrese algún material extraño, como metales, cartones o plásticos que pueda contaminar el producto.
5. El operario que prepara la masa deberá añadir el recorte de masa a la mezcla y continuar con el proceso de preparación de masas.

En la Figura 38 se muestra los pasos seguidos para el proceso de recolección y reproceso del recorte de masa obtenido en el laminado.



Figura 38: Recolección y reproceso de recorte de masa

Fuente: La empresa

Medición de resultados obtenidos

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 12, la cantidad de merma obtenida en el proceso de laminado ha alcanzado un valor máximo de 452kg por día. Luego de realizar pruebas del reproceso del recorte de masa en este proceso se midió la cantidad de merma que se obtiene y el valor se redujo a menos de 45 kilogramos por día.

Como consecuencia de estos resultados se logró un incremento del indicador de rendimiento de materiales y la disminución del porcentaje de mermas.

Antes de reprocesar la merma el rendimiento promedio de materiales fue de 87.56% y el porcentaje de merma fue 5.05% como se muestra en la Tabla 19. Además como se ha identificado en el capítulo anterior la cantidad de merma se produce principalmente en el proceso de laminado.

Tabla 19: Indicadores de Familia Graneles situación actual

Semana	% Yield	% Merma
1	86.73	5.34
2	87.11	5.68
3	88.85	4.13
Promedio	87.56	5.05

Elaboración propia

Como consecuencia del reproceso de la merma se logró un incremento del indicador de rendimiento de materiales y la disminución del porcentaje de mermas como se muestra en la Tabla 20. De acuerdo a los resultados promedios de la Tabla 19 y Tabla 20 el porcentaje de mermas se ha reducido en 92%.

Tabla 20: Indicadores de Familia Graneles situación propuesta 1

Semana	% Yield	% Merma
1	93.47	0.44
2	94.15	0.48
3	94.64	0.36
Promedio	94.09	0.43

Elaboración propia

Cálculo de costo de alternativa 1

A continuación, en la Tabla 21 se presenta el cálculo del costo de la implementación de la Alternativa 1. De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 20 la merma disminuye en 92%, por lo que habrá un costo de desechar la merma no recuperada que corresponde al 8% restante.

Para calcular la cantidad de merma que se generaría para los próximos 5 años de continuar desechando todo lo que se obtiene, se utilizó el pronóstico de demanda para los siguientes años y la cantidad promedio que se genera por turno actualmente que es equivalente a 110 kilogramos.

Los factores de conversión para la producción de la familia Graneles son un *batch* o lote de producción equivale a 500 kilogramos. La línea tiene capacidad para realizar 11 *batchs* por cada turno. Además, la empresa opera en 3 turnos diarios de 8 horas cada uno.

Así mismo, la merma luego del proceso de laminado se calculó como el 92% de la merma actual.

Luego de obtenida las cantidades de merma estimadas para los siguientes 5 años, se realizó la medición de los costos como se explica a continuación:

- Costo de merma desechada: es el resultado de la cantidad de merma que no puede ser recuperada por el costo de producción por kilogramo. El costo incluye mano de obra, materia prima, horas máquina y costos indirectos de fabricación.
- Costo de reproceso de merma: el costo de reproceso incluye el costo del material necesario para realizar el reproceso, es decir las bolsas y el costo de la máquina por cada kilogramo reprocesado.
- Costo de pruebas para reproceso: se consideró las horas asignadas de los trabajadores para implementar la propuesta. Para esta prueba se requiere 4 horas de un analista de calidad, 4 horas del Jefe de Línea y 20 horas del técnico de Calidad.

El costo recuperado por no desechar el 92% de la merma que se generaría para los siguientes 5 años se consideró como ingreso.

Para obtener el valor actual neto de los 5 años proyectados se utilizó una tasa de 10% anual con lo cual el VAN calculado es de S/.367,470.00 como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21: Costo de alternativa 1 familia Graneles

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad de merma (Situación Actual) (kg)		15,616	15,941	17,662	18,297	19,579
Cantidad de merma desechada - propuesta (kg)		1,249	1,275	1,413	1,464	1,566
Costo de merma desechada (S/.)		7,221	7,371	8,167	8,461	9,053
Costo de reproceso de merma (S/.)		2,031	2,083	2,305	2,387	2,552
Costo de pruebas para reproceso (S/.)	391					
Ingreso por merma recuperada (S/.)	0	106,027	108,230	119,921	124,230	132,932
Flujo Neto (S/.)	-391	96,765	98,776	109,449	113,383	121,327
VAN	S/.367,470					

Elaboración propia

4.2.2. Alternativa 2

La segunda alternativa consiste en reemplazar la banda actual del proceso de laminado por una de diferentes condiciones con lo cual se podría reducir la merma obtenida en el laminado hasta en un 70%. Luego se propone reprocesar el 30% restante y como es en menor cantidad se podrá reprocesar en su totalidad.

Si bien esta alternativa a diferencia de la alternativa 1 puede eliminar el problema desde la causa principal se debe evaluar el costo ya que actualmente se cuenta con 2 bandas para esta Línea en stock en el almacén de repuestos de la empresa. Estas bandas tienen una duración de 2 años cada una. A demás, cada una de estas cuesta S/.5571. En caso se decida comprar las bandas nuevas, el costo de la bandas en stock no podría recuperarse ya que las bandas son adquiridas de acuerdo a las medidas de la máquina lo cual no permite que se pueda vender o utilizar en otras Líneas.

Así mismo, en la Línea en estudio a parte de la Familia 1 y familia Graneles se procesan otros productos. Al realizar un cambio de banda se debe asegurar que no se genere problemas con estos productos.

Se han evaluado distintas propuestas de los proveedores y se seleccionó a la banda de algodón tejida de código “2MT6 U0-0 HP” la cual se utiliza en la planta ubicada en México que procesa la misma familia de productos. Las características de la banda se pueden ver en el Anexo 4. Esta banda está valorizada en S/ 4899 y debe ser reemplazada cada 2 años.

Cálculo de costo de alternativa 2

El cálculo de los costos involucrados en el reproceso de mermas se realizó de forma similar al de la alternativa 1.

Por otro lado se consideró como inversión inicial el costo que se pierde por dejar de usar las 2 bandas en stock y la banda actual con la que cuenta la línea. Además se incluyó el costo de adquirir la banda con características nuevas. Como la evaluación se está realizando para 5 años, también se consideró el costo de la compra de la banda nueva cada 2 años ya que no se contará con bandas en stock.

En la Tabla 22 se expone el cálculo del costo de la segunda alternativa propuesta. Se utilizó una tasa de 10% anual y se calculó el Valor Actual Neto de la segunda alternativa y se obtuvo un beneficio neto de S/.408,745.00

Ambas soluciones propuestas son factibles. Sin embargo, debemos evaluar cuál es la alternativa de mejor solución para la empresa.

Para evaluar ambas propuestas se seleccionaron los siguientes factores:

- Costo
- Reducción de mermas
- Cumplimiento de estándares de calidad
- Facilidad de implementación

Tabla 22: Costo de alternativa 2 familia Graneles

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad de merma desechada - propuesta (kg)		4,685	4,782	5,299	5,489	5,874
Cantidad de desperdicio(kg)		0	0	0	0	0
Costo de bandas en Stock (S/.)	16,713					
Costo de banda nueva (S/.)	4,899		4,899		4,899	
Costo de merma desechada (S/.)		0	0	0	0	0
Costo de reproceso de merma (S/.)		686	700	772	798	852
Costo de pruebas para reproceso (S/.)	391					
Ingreso por merma recuperada (S/.)		115,247	117,641	130,349	135,032	144,491
Flujo Neto (S/.)	-22,003	114,561	112,043	129,577	129,335	143,639
VAN	S/.408,745					

Elaboración propia

Con la opinión del Jefe de Línea y los Ingenieros de Mejora Continua se realizó la ponderación para cada factor. Al cumplimiento de estándares de calidad se le asignó un peso de 38% ya que como política de la empresa primero se debe asegurar las buenas prácticas de manufactura y asegurar la calidad del producto. Al factor de “Reducción de mermas” se le asignó un factor de 31% ya que las soluciones que logren reducir la mayor cantidad de merma significarán mayor productividad para la empresa. El factor de “Costo” se le asignó un peso de 16% y por último el factor “Facilidad de implementación” también tiene un peso de 15%, este factor también se considera ya que podría darse el caso que la solución propuesta solucione el problema pero puede afectar a otros productos que se elaboran en la misma línea y tendría que evaluarse para cada producto.

A cada uno de los factores se le asignó una calificación en una escala de 1 a 5. En la escala de evaluación, 1 representa la alternativa que brinda una menor solución y 5 representa el máximo beneficio que puede brindar la alternativa propuesta.

A continuación, en la Tabla 23 se presenta la matriz de evaluación realizada para seleccionar la mejor alternativa.

Tabla 23: Matriz de evaluación de alternativas de solución

	Costo	Reducción de mermas	Cumplimiento de estándares de calidad	Facilidad de implementación	Total
	16%	31%	38%	15%	
Alternativa 1	1	3	4	5	3.38
Alternativa 2	3	5	5	2	4.23

Elaboración propia

Por lo tanto, de acuerdo a la evaluación realizada en la Tabla 23, la Alternativa 2: “Reemplazar la banda actual por una de características diferentes y reprocesar la merma que se genera en el proceso de laminado” es la mejor opción para la empresa.

4.3. Propuesta de réplicas a otras líneas de productos

Se ha identificado que en las otras líneas del área de producción al igual que en la línea en estudio la cantidad de merma que se genera es elevada. Algunas veces se registran porcentajes bajos pero en otras se incrementa.

Así mismo, el procedimiento de registro de mermas se realiza de forma similar en todas las líneas con las que cuenta la empresa.

Por ello, se propone realizar mejoras al procedimiento de registro de Mermas para todas las líneas del área de producción de la empresa.

Esta actividad la seguirá realizando el Auxiliar *PRISM* como se viene desarrollando actualmente. Sin embargo, el registro en el cual se completa la cantidad de merma deberá incluir un espacio para completar los detalles por los cuales se produjeron. Esta información deberá ser completada por el operador de cada puesto de trabajo, como el

laminador, hornero, entre otros. El formato propuesto para la recolección de mermas se presenta en el Anexo 5. El nivel de detalle que se propone en el formato tiene la finalidad de identificar los factores que originan la generación de mermas y poder establecer medidas correctivas y preventivas.

Así mismo, se propone analizar la cantidad de mermas y desperdicios generados mediante el uso de gráficas de control.

Para lo cual, se define el porcentaje de mermas diario que se genera como la característica de calidad que se quiere medir.

El procedimiento de cómo se debe realizar el análisis se presenta en la Figura 39. A demás a continuación se describe el mismo:

1. Realizar una prueba de normalidad para los datos de porcentaje de mermas registrados durante cada corrida, en el software Minitab. El método a utilizar es la Prueba Anderson – Darling.
2. Utilizar un gráfico de control de valores individuales el cual muestre los límites de control inferior y superior para la situación actual del proceso productivo.

Los límites de control para cada familia se deben establecer de acuerdo a los resultados obtenidos en años anteriores donde se observó un buen desempeño así como también en referencia al desempeño de otras plantas modelo de la compañía. Es decir de forma similar al que se realizó para la familia Graneles.

3. Analizar el gráfico de control realizado y determinar si el proceso se encuentra fuera de control.
4. En caso el proceso se encuentre fuera de control. Se deberá realizar un análisis de Causa – raíz junto con los operadores y maquinistas para determinar las razones por las cuales se está produciendo y poder establecer los controles requeridos a tiempo. El análisis de causa – raíz será dirigido por el Técnico de Control de procesos.
5. A continuación las medidas acordadas deberán ser implementadas por los maquinistas y operadores de la línea durante el proceso productivo.

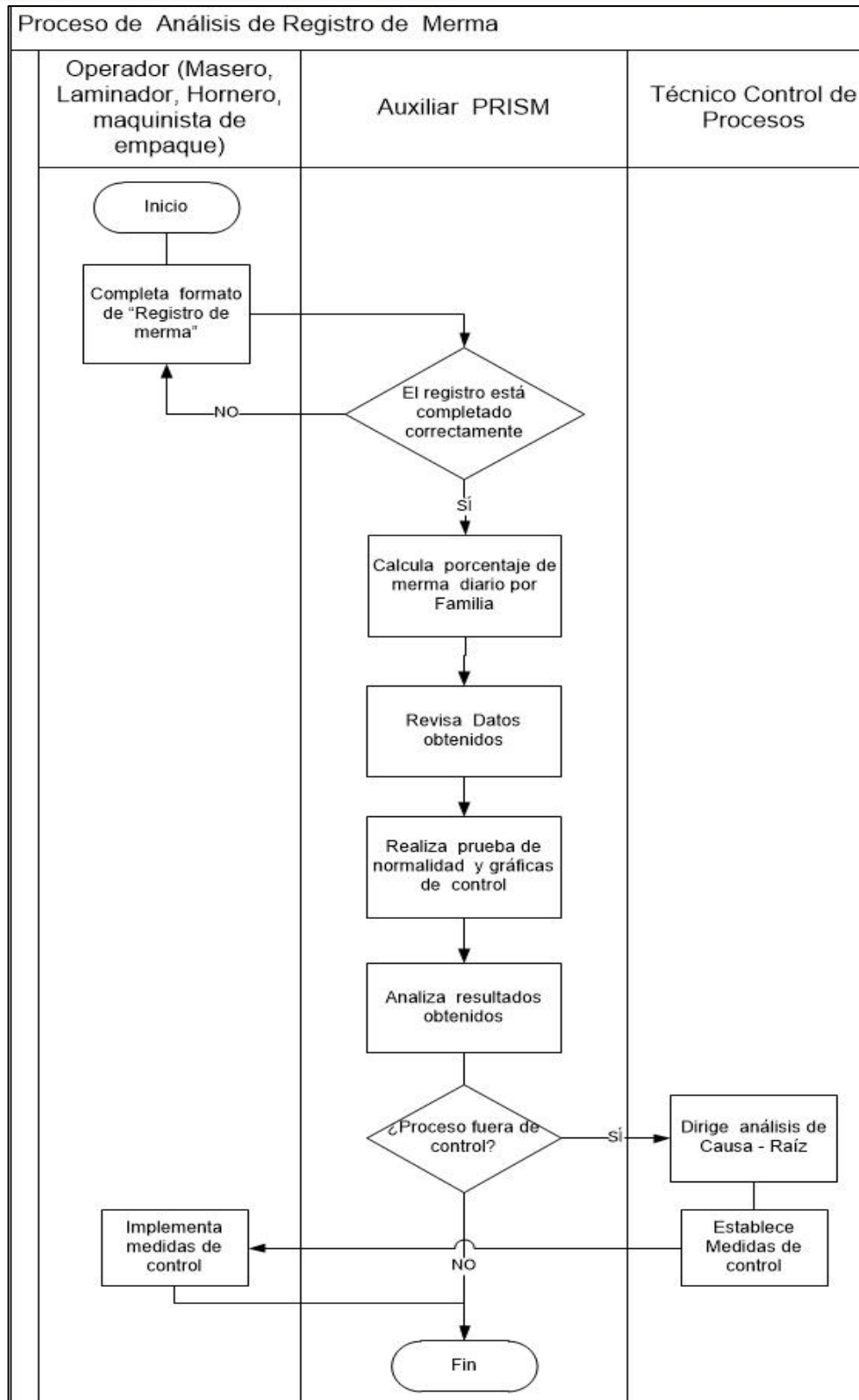


Figura 39: Procedimiento para el registro y análisis de reporte de mermas

Elaboración propia

Para implementar esta propuesta de mejora será necesario brindar una capacitación en el uso de Minitab y análisis de gráficas de control básico. El cual podrá ser dictado en la misma empresa por los trabajadores administrativos del área de calidad que tienen experiencia brindando este tipo de entrenamientos.

Por otro lado, todos los operadores reciben entrenamiento en análisis de causa - raíz por el área de Mejora Continua, por lo que están capacitados para desarrollar un análisis de este tipo.

Con el procedimiento propuesto se pretende identificar fácilmente cuando un proceso se sale de control y tomar las medidas de control a tiempo. Con ello se pretende disminuir costos que se generan por las mermas y desperdicios ya que actualmente solo se inician proyectos de mejora cuando el porcentaje de mermas llega a un nivel crítico por no contar con soluciones correctivas inmediatas ni planes preventivos.



CAPÍTULO 5: Evaluación económica

En este capítulo se desarrollará la evaluación económica de la solución óptima y las mejoras propuestas para la Familia 1 y la familia Graneles respectivamente determinadas en la fase de análisis.

5.1. Impacto económico de las mejoras para la Familia 1

Los costos relevantes para la implementación de las propuestas de mejora para la Familia 1 son los siguientes:

- **Inversión en adquisición de equipos:** será necesario comprar un congelador industrial para mejorar el proceso de almacenamiento de chispas de chocolate y también un guiador de galletas para reducir la cantidad de galletas unidas.
- **Inversión en capacitaciones:** será necesario capacitar a los Auxiliares PRISM para que realicen el análisis del registro de las mermas haciendo uso de cartas de control. También se desarrollará un reforzamiento en la capacitación para realizar Análisis de causa - raíz a todos los maquinistas.
- **Inversión en actualización de especificaciones:** para realizar la actualización de especificaciones se considera el costo del tiempo invertido del Ingeniero de Investigación y Desarrollo (*R&D*) durante las pruebas realizadas y el costo del tiempo del maquinista de laminado.
- **Inversión en Análisis y Control:** se considera el tiempo invertido para el desarrollo y análisis de las cartas de control del registro de la cantidad de mermas y el tiempo estimado que se invertirá de forma semanal para realizar el análisis de causa – raíz.

En la Tabla 24 se presenta el cálculo de la inversión inicial requerida y el costo mensual de la implementación.

Tabla 24: Costos relevantes de implementación para propuesta de mejora de Familia 1

Tipo	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Inversión inicial (S/.)	Costo mensual (S/.)
Adquisición de equipos	Fabricación e instalación de guiador de galleta	1	2,307	2,307	
	Compra de congelador industrial	1	6,950	6,950	
	Horas invertidas de operadores en desarrollo de Kaizen	4	5	20	
	Horas invertidas de Jefe de Línea en desarrollo de Kaizen	2	11	23	
Capacitaciones	Capacitación de personal en análisis de Causa Raíz	18	120	2,160	
	Capacitación de personal en cartas de control	4	150	600	
Actualización de especificaciones	Tiempo invertido de operador laminador realizando pruebas de variables	8	5	40	
	Tiempo invertido de Ingeniero R&D realizando pruebas de variables	6	11	66	
	Tiempo invertido de Analista de Calidad en actualización de documentos (horas)	1	10	10	
Análisis	Tiempo de Auxiliar PRISM invertido en el análisis de registro de mermas	4	6		24
Control	Tiempo de operadores invertido en desarrollo de análisis de causa raíz (horas)	24	5		120
	Tiempo de Técnico de Control de Procesos invertido en desarrollo de análisis de causa raíz (horas)	6	6		36
TOTAL				S/.12,176	180

Elaboración propia

En el capítulo 4 se ha determinado que actualmente el porcentaje de merma que se genera equivale al 3.4% de la producción realizada. Luego de implementar las mejoras propuestas se han realizado las mediciones y se ha determinado que el porcentaje promedio de mermas se reduce a 2.31% para el 2014. De acuerdo a ello se realizó el cálculo del ahorro que se genera durante un año presentado en la Tabla 25.

Tabla 25: Flujo Neto de las mejoras para la Familia 1

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Producción (kg)		195,299	105,326	154,370	142,936	83,270	61,640	154,303	117,232	102,165	109,438	108,480	102,610
Cantidad de desperdicios antes (Kg)		6,640	3,581	5,249	4,860	2,831	2,096	5,246	3,986	3,474	3,721	3,688	3,489
Cantidad de desperdicios después (Kg)		4,101	2,212	3,242	3,002	1,749	1,294	3,240	2,462	2,145	2,298	2,278	2,155
Ahorro (S/.)		18,737	10,105	14,810	13,713	7,989	5,914	14,804	11,247	9,802	10,499	10,408	9,844
Inversión inicial (S/.)	12,179												
Costo mensual (S/.)		185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
Flujo neto	-12,179	18,552	9,920	14,625	13,528	7,804	5,729	14,619	11,062	9,617	10,314	10,223	9,659
VAN	S/.46,574												
TIR	126%												

Elaboración propia

El valor actual neto del proyecto (VAN) es de S/. 46,574 considerando una tasa de costo de capital de 15%, el cual fue considerado luego de consultar a los miembros del área de finanzas de la empresa.

El valor de la tasa interna de retorno (TIR) es la tasa que hace cero el costo el valor presente neto. Como se puede apreciar en la Tabla 25, nuestro valor TIR es de 126%, lo cual indica que el rendimiento del proyecto es alto. Esto se debe a que como se puede ver en el monto de inversión en el periodo cero es menor al ingreso que se obtiene a inicios del periodo 1. Es decir la recuperación de la inversión se da desde el primer mes y aun así se cuenta con un ahorro el cual se extiende durante los siguientes meses.

5.2. Impacto económico de las mejoras para la familia Graneles

La mejora para la familia Graneles consiste en reemplazar la banda actual de la zona de laminado y reprocesar la merma que se genera en esta zona.

Para seleccionar esta mejora, se realizó una matriz de selección en la cual uno de los factores analizados fue el costo. Por ello el costo de la mejora propuesta fue calculado en el capítulo anterior como se muestra en la Tabla 22.

A continuación en la Tabla 26 se expone un cuadro resumen del flujo calculado correspondiente a la alternativa de solución seleccionada.

La tasa interna de retorno obtenida es de 521% debido a que la inversión que se requiere es pequeña comparada a los beneficios que se necesitan. Además no será necesario utilizar recursos adicionales por lo que la inversión no se incrementa en grandes cantidades.

Tabla 26: Flujo de mejora para familia Graneles

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión (S/.)	22,003	0	4,899	0	4,899	0
Costo Anual (S/.)	0	686	700	772	798	852
Ingreso anual (S/.)	0	115247	117641	130349	135032	144491
Flujo Neto (S/.)	-22,003	114,561	112,043	129,577	129,335	143,639
VAN	S/.408,745					
TIR	521%					

Elaboración propia

CAPÍTULO 6: Conclusiones y recomendaciones

En el presente capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones para la empresa luego de realizar el presente trabajo de investigación.

6.1. Conclusiones

- Los desperdicios que se generan durante la producción de la Familia 1 y la Familia Graneles representan el 79% de los desperdicios totales de la línea.
- Se ha determinado que la mayor cantidad de desperdicios se generará en la zona de bandas de enfriamiento y empaque. Sin embargo, luego del análisis realizado se identificó que esta merma se origina en la etapa de preparación de laminado debido a que los procedimientos están desactualizados y los límites de control que se utilizan para el peso de la galleta húmeda no cumplen con las necesidades del proceso. Además se ha identificado que el almacenamiento de las chispas de chocolate no era adecuado pues ocasiona que estas se derritan fácilmente.
- Se ha identificado que el 80% de los desperdicios generados durante la producción de la Familia Graneles ocurren en el laminado ya que la textura de la banda transportadora actual hace que se acumule restos de la masa y luego se desechan estos residuos.
- El resultado de la mejora en el almacenamiento de las chispas de chocolate no se puede cuantificar de forma directa pero se puede apreciar los resultados en el incremento del rendimiento de materiales y la disminución del porcentaje de desperdicios para la Familia 1. Además esta propuesta mejora la distribución en la zona de preparación de masas ya que se logró eliminar la acumulación de materia prima que interfiere el libre tránsito en la zona.
- Se ha demostrado que al involucrar no solo a personal administrativo sino a los operadores del área de producción en el desarrollo de “Kaizen” genera grandes mejoras como la implementación del “Guiador de galletas” con el cual se logró la reducción del 49% de los desperdicios en las bandas de enfriamiento.
- La aplicación de cartas de control para el porcentaje de mermas de cada familia permite controlar el proceso con lo cual se estima una reducción inicial del 33% de

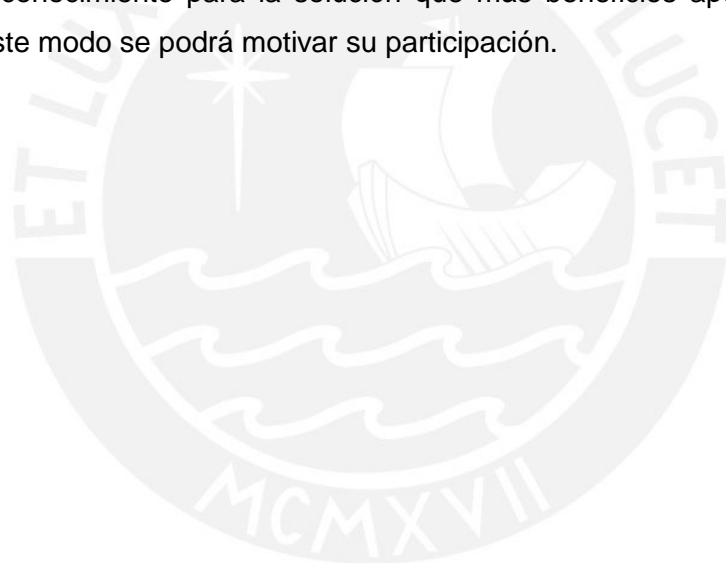
los desperdicios de la familia 1, con el tiempo se logrará alcanzar un porcentaje menor de desperdicios.

- Es indispensable que el área de producción trabaje junto con el área de Control de Calidad para poder mantener el proceso bajo control. Por ello los Jefes de Línea, los operadores de producción y los Técnicos de Calidad deben trabajar de la mano para realizar análisis de causa raíz e identificar los problemas que generan que el proceso salga de control y así poder tomar una solución inmediata.
- El costo de las mejoras realizadas para la Familia 1 está por debajo del beneficio que estas generan. La inversión es recuperada desde el primer mes y el proyecto es rentable dado que el VAN es de S/.46 574. Este valor se puede ir incrementando en los siguientes años ya que la propuesta de la metodología de control de procesos tendrá resultados que se podrán percibir a largo plazo.
- Para disminuir la merma en el proceso de laminado de la familia Graneles se concluye que se debe de cambiar la banda actual por una de características diferentes a pesar de que se cuenta con stock de 2 unidades de la banda actual en el almacén de repuestos y reprocesar la merma restante pues se obtiene un mayor beneficio en 5 años el cual equivale a un valor neto actual de S/.408,745

6.2. Recomendaciones

- Si bien se logró corregir el parámetro de especificación de pesos para el laminado de la Familia 1, se debe realizar un análisis similar para las demás familias de la empresa ya que con las modificaciones que surgen en los procesos podría darse el caso que las especificaciones actuales no cumplan con los requerimientos actuales de la empresa.
- Se recomienda reforzar el entrenamiento en Análisis de causa - raíz a los operadores y ponerlo en práctica para la solución de los problemas que se identifiquen ya que actualmente la empresa capacita a todo los operadores de la planta. Sin embargo, se ha identificado que solo el Área de Seguridad y Mantenimiento pone en práctica esta herramienta para la solución de los problemas lo cual muestra que la inversión que se realiza en capacitaciones no podrá ser recuperada.

- Se recomienda la elaboración de procedimientos y manuales en base a los cambios realizados en el proceso. Se sugiere realizar la documentación con la colaboración de operadores experimentados para poder compartir estos cambios con el resto de líneas y para capacitar al personal nuevo que pueda ingresar.
- Se sugiere implementar círculos de calidad en el área de producción para que la propuesta de análisis con gráficas de control y análisis de causa raíz se mantenga. A demás los círculos de calidad permitirán que los mismos operadores de planta lideren estos análisis una vez que adquieran experiencia.
- En un principio se necesitará desarrollar una cultura en las personas para que realicen los análisis de causa - raíz. Es probable que algunos operadores muestren resistencia al cambio por lo que se recomienda implementar un programa de reconocimiento para la solución que más beneficios aporte para la empresa. De este modo se podrá motivar su participación.



BIBLIOGRAFÍA

- BESTERFIELD, Dale H.
2009 *Control de calidad*. Octava Edición. México: Editorial Pearson Educación
- BONILLA, Elsi
2010 *Mejora Continua de los procesos*. Primera Edición. Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima
- GUAJARDO, Edmundo
2008 *Calidad Total*. México: Editorial Pax México
- IMAI, Masaaki
1992 *Kaizen*. Segunda Edición. México, D.F.: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- JAMES, Paul
1997 *La Gestión de la Calidad Total*. Primera Edición. Madrid: Editorial Prentice-Hall.
- LI, Z., QIU, P., WANG, Z., & CHATTERJEE, S.
2012 "Using p values to design statistical process control charts". *Statistical Papers Springer*. USA, 2012, pp.1 - pp.12. Consulta: 20 de enero de 2015. <
<http://link.springer.com/article/10.1007/s00362-012-0447-0#page-1>>
- MAGAR, V., & SHINDE, V.
2014 "Application of 7 Quality Control (7QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Process". *International Journal of Engineering and General Science*. Nepal, 2014, Volumen 2, pp.364-pp.371. Consulta: 08 de febrero de 2015. <
<http://ijergs.org/files/documents/APPLICATION-45.pdf>>
- MINITAB INC.
2014 *Help. Minitab® 17.1.0.USA*: MINITAB INC.
- MINITAB INC.
2014 *StatGuide. Minitab® 17.1.0.USA*: MINITAB INC.
- MONTGOMERY, Douglas C.
2005 *Control Estadístico de la Calidad*. Tercera Edición. New York: Jhon Wiley & Sons
- OZEKI, Kazuo

- 1992 *Manual de herramientas de calidad*. Primera Edición. Madrid: Gráficas Ferro
- SINGH SOIN, Sarv
1997 *Control de Calidad Total*. Primera Edición. México: Editorial Mc Graw Hill
- SYDUZZAMAN, RAHMAN, M., ISLAM, M., HABIB, A., & AHMED, S.
2014 "Implementing total quality management approach in garments industry". *European Scientific Journal*. 2014, Volumen 10, pp.341-pp.358. Consulta: 07 de febrero de 2015. <<http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/4842/4684>>
- VELASCO SÁNCHEZ, Juan
2010 *Gestión de la Calidad*. Segunda Edición. Madrid: Ediciones Pirámide
- WHITE, E. M., KAIGHOBADI, M., & WHARTON, T.J.
1994 "Process Goal Charts for Quality Improvement Programmes". *International Journal of Quality & Reliability Management*. USA, 1994, Volumen 11, pp.11- pp.40. Consulta: 02 de setiembre de 2014. <<http://dx.doi.org/10.1108/02656719410051661>>