

**Reducción de pérdidas por sobredosificación en una línea de galletería dulce  
tipo sándwich**

Compilador

Diego Alejandro Alzate Contreras

Asesor

Diana Cristina Muñoz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI).

Ingeniería de Alimentos

Dosquebradas

2025

## **Dedicatoria**

A mis abuelos que me formaron, y a Dios que los puso en mi camino.

## Resumen

En una fábrica de galletería ubicada en el departamento de Risaralda, Colombia, se ha identificado un problema crítico en la línea de producción de galletas tipo sándwich: la sobredosificación de producto. Este fenómeno consiste en entregar una cantidad superior a la estipulada en la etiqueta, lo que ocasiona pérdidas significativas de materia prima y disminuye la efectividad operativa, afectando las ganancias de la compañía. El presente proyecto tiene como objetivo principal reducir las pérdidas por sobredosificación mediante el uso de la metodología Six Sigma - DMAIC. A través del diseño y análisis de un mapa visual de pérdidas, la identificación de las máquinas críticas y el establecimiento de principios operativos, se busca restaurar las condiciones básicas y garantizar un mejor control del peso final del producto. Los resultados de esta investigación permitirán optimizar los procesos, promover la mejora continua y fortalecer la estabilidad económica de la operación.

***Palabras clave:*** Sobredosificación, Six Sigma DMAIC, mapa de pérdidas, estandarización

## **Absatract**

In a confectionery factory located in the department of Risaralda, Colombia, a critical issue has been identified in the production line of sandwich cookies: product overdosing. This phenomenon involves delivering a quantity above the amount specified on the label, leading to significant losses of raw materials and reducing operational efficiency, ultimately affecting the company's profitability. This project aims to reduce losses caused by overdosing through the application of the Six Sigma - DMAIC methodology. By designing and analyzing a visual loss map, identifying critical machines, and establishing operational principles, the project seeks to restore basic conditions and ensure better control of the product's final weight. The results of this research will optimize processes, promote continuous improvement, and strengthen the economic stability of the operation.

***Keywords:*** Overdosing, Six Sigma, DMAIC, loss Map, standardization

## Tabla de Contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen .....   | 3  |
| Absatract.....  | 4  |
| Lista de Tablas .....   | 7  |
| Lista de Figuras .....  | 8  |
| Glosario .....  | 11 |
| Introducción .....  | 14 |
| Justificación.....  | 15 |
| Pregunta Problemática.....  | 16 |
| Objetivo General .....  | 17 |
| Objetivos Específicos .....   | 17 |
| Marco de Referencia .....   | 18 |
| Metodología Six-Sigma.....  | 18 |
| Herramientas de Mejora de Calidad.....                                  | 20 |
| Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) ..... | 30 |
| Principio de Operación.....   | 34 |
| Componentes y Características.....                                      | 36 |
| Mapa Visual de Pérdidas .....   | 37 |
| Variabilidad de Procesos de Producción.....                             | 45 |
| Capacidad de Procesos .....   | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Metodología .....   | 52 |
| Contexto .....  | 52 |
| Metas .....   | 52 |
| Equipo de trabajo.....  | 53 |
| Cronograma de Trabajo para el Desarrollo del Proyecto.....  | 54 |
| Estándar para el Orden de la Adición de los Ingredientes en la Fase de Preparación de Masas ..... | 59 |
| Muestreo antes de Empezar a Aplicar las Acciones Correctivas.....                                 | 60 |
| Resultados .....  | 64 |
| Elaboración del Mapa Visual de Pérdidas .....   | 64 |
| Elaboración del Principio de Operación .....  | 67 |
| Estandarización de Procesos en el Área de Creación de Cremas .....                                | 75 |
| Estandarización de Procesos en el Área de Creación de Mezclas.....                                | 79 |
| Calibración de los Rodillos del Sistema Rotary.....   | 84 |
| Muestreo Aplicado después de Implementar las Acciones Correctivas .....                           | 87 |
| Conclusiones .....  | 92 |
| Referencias Bibliograficas .....  | 93 |

**Lista de Tablas**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Clasificación de Pérdidas</i> ..... | 38 |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Listado de Pérdidas</i> .....       | 41 |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Clasificación de Pérdidas</i> ..... | 43 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Diagrama de Flujo de Procesos</i> .....   | 22 |
| <b>Figura 2.</b> <i>Diagrama Causa - Efecto</i> .....   | 23 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Diagrama Pareto</i> .....   | 24 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Histograma</i> .....  | 25 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Gráfica de Corrida</i> .....  | 26 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Gráfica de Control</i> .....  | 27 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Diagrama de Dispersión</i> .....  | 28 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Modelo de Regresión.</i> .....  | 29 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Diagrama de Flujo de Procesos</i> .....   | 32 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Diferencia Entre el Principio de Operación y Principio de Funcionamiento.</i> .....              | 35 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Principio de Operación</i> .....   | 37 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Mapa Visual de Pérdidas</i> .....  | 44 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Variaciones de Proceso</i> .....   | 46 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Control de Proceso</i> .....   | 47 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Efecto de las Causas Asignables Sobre la Distribución del Proceso.</i> .....                     | 48 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Efecto de las Causas Asignables Sobre el Control del Proceso</i> .....                           | 49 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Relación entre la distribución de un proceso y las respectivas especificaciones.</i> .....       | 51 |
| <b>Figura 18.</b> <i>Tendencia de la sobredosificación para galleta tipo sándwich para el periodo 2023-2024</i> ..... | 52 |
| <b>Figura 19.</b> <i>Equipo de Trabajo</i> .....  | 53 |
| <b>Figura 20.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Mayo</i> .....  | 54 |
| <b>Figura 21.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Junio</i> .....   | 55 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 22.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Julio</i> .....                                    | 55 |
| <b>Figura 23.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Agosto</i> .....                                   | 56 |
| <b>Figura 24.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Septiembre</i> .....                               | 56 |
| <b>Figura 25.</b> <i>Cronograma de Trabajo para el Mes de Octubre</i> .....                                  | 57 |
| <b>Figura 26.</b> <i>Elaboración de la crema para la galleta tipo sándwich.</i> .....                        | 59 |
| <b>Figura 27.</b> <i>Muestreo de galletas por anillo de los rodillos estampo</i> .....                       | 60 |
| <b>Figura 28.</b> <i>Capacidad de proceso para la galleta tipo sándwich obtenida con Q-STAT</i> .....        | 61 |
| <b>Figura 29.</b> <i>Mapa visual de pérdidas para la línea de producción de galletas tipo sándwich</i> ..... | 64 |
| <b>Figura 30.</b> <i>Tabla de listado de eventos de la línea de producción.</i> .....                        | 65 |
| <b>Figura 31.</b> <i>Depositado de Crema.</i> .....  | 67 |
| <b>Figura 32.</b> <i>Movimiento de Agitador</i> .....  | 67 |
| <b>Figura 33.</b> <i>Desplazamiento de la Crema</i> .....  | 68 |
| <b>Figura 34.</b> <i>Transporte por el Tornillo Sin-fin</i> .....  | 68 |
| <b>Figura 35.</b> <i>Entrega a la Bomba</i> .....  | 69 |
| <b>Figura 36.</b> <i>Ingreso a la Bomba</i> .....  | 69 |
| <b>Figura 37.</b> <i>Funcionamiento de la Bomba.</i> .....   | 70 |
| <b>Figura 38.</b> <i>Partes de la bomba</i> .....  | 70 |
| <b>Figura 39.</b> <i>Transporte de la Crema</i> .....  | 71 |
| <b>Figura 40.</b> <i>Ingreso al Estarcidor</i> .....   | 71 |
| <b>Figura 41.</b> <i>Inyección de la Crema</i> .....   | 72 |
| <b>Figura 42.</b> <i>Bloqueo de Cuchilla.</i> .....  | 72 |
| <b>Figura 43.</b> <i>Corte de la Crema</i> .....   | 73 |
| <b>Figura 44.</b> <i>Etapa 1 Elaboración de Cremas.</i> .....  | 75 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 45.</b> <i>Etapa 2 Elaboración de Cremas.</i> .....                 | 75 |
| <b>Figura 46.</b> <i>Etapa 3 Elaboración de Crema</i> .....                   | 76 |
| <b>Figura 47.</b> <i>Etapa 4 Elaboración de Crema</i> .....                   | 76 |
| <b>Figura 48.</b> <i>Etapa 5 Elaboración de Crema.</i> .....                  | 77 |
| <b>Figura 49.</b> <i>Etapa 1 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 79 |
| <b>Figura 50.</b> <i>Etapa 2 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 79 |
| <b>Figura 51.</b> <i>Etapa 3 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 80 |
| <b>Figura 52.</b> <i>Etapa 4 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 80 |
| <b>Figura 53.</b> <i>Etapa 5 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 81 |
| <b>Figura 54.</b> <i>Etapa 6 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 81 |
| <b>Figura 55.</b> <i>Etapa 7 Elaboración de Masas.</i> .....                  | 82 |
| <b>Figura 56.</b> <i>Calibración de Rodillos Rotativos.</i> .....             | 84 |
| <b>Figura 57.</b> <i>Etapa 2 de Verificación de Rodillos Rotativos.</i> ..... | 86 |
| <b>Figura 58.</b> <i>Muestreo de galletas.</i> .....                          | 87 |
| <b>Figura 59.</b> <i>Capacidad de Proceso con Q-STAT.</i> .....               | 88 |
| <b>Figura 60.</b> <i>Comportamiento Final de la Sobredosificación.</i> .....  | 90 |

## Glosario

**Averías:** Las pérdidas por avería se consideran cuando ocurren paros inesperados por daños en el equipo o máquina y se supera la barrera de los 10 minutos.

**Barredura:** Producto que no cuenta con las condiciones de calidad para ser entregado al consumidor y tampoco puede volver a ser reprocesado; por este motivo es desechado para procesamiento de concentrados para animales o eliminación definitiva.

**Capacidad de proceso:** Se refiere a la capacidad para cumplir según las especificaciones de diseño de un producto dado.

**Cp (índice de capacidad del proceso):** Mide la capacidad potencial de un proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación.

**Cpk (índice de capacidad del proceso ajustado):** Mide la capacidad de un proceso para generar productos que cumplen con las especificaciones requeridas, teniendo en cuenta tanto la media como la variabilidad del proceso.

**Diagrama de causa-efecto:** Es utilizado como lluvia de ideas para detectar las causas y las consecuencias de los problemas en el proceso.

**Diagrama de dispersión:** Con este diagrama se pueden relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación.

**Diagrama de flujo de procesos:** Las etapas del proceso se identifican mediante una secuencia de pasos.

Diagrama de Pareto: Se aplica para identificar las causas principales de los problemas en procesos, de mayor a menor, y con ello focalizar los esfuerzos de mejora en lo que más impacto tiene.

DMAIC: Metodología de resolución de problemas. Es el acrónimo de cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Fallas de proceso: Son consideradas cuando existe alguna alteración o condición relacionada directamente con el proceso o los insumos utilizados para la elaboración del producto. Ejemplo: medidas inadecuadas en el papel laminado ocasionan fallas en el flujo de proceso ideal para la elaboración del producto.

Gráfica de control: Esta se aplica para mantener el proceso de acuerdo con un valor medio y los límites superior e inferior.

Gráfica de corrida: Representa datos gráficamente con respecto a un tiempo, con el fin de detectar cambios significativos en el proceso.

Histograma: Se pueden observar datos que apuntan a los defectos y fallas y se agrupan en forma gaussiana, conteniendo los límites inferior y superior y la tendencia central.

Mapa visual de pérdidas: Diagrama donde se visualizan las pérdidas en impactos altos y bajos.

Modelo de regresión: Se utiliza para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada.

Modo de defecto: Características que no cumplen con el producto ideal. Ellas pueden ser: sellado que no cumpla con las garantías de aislar el producto, faltante de producto, faltante de algún

ingrediente del producto, producto en malas condiciones, producto con información borrosa, producto con alteraciones en las características organolépticas, etc.

Paros menores: Clasificación de paros inesperados sin superar la barrera de los 10 minutos.

Independientemente del tiempo, en el rango de 1 minuto a 10 minutos se clasifica siempre como un paro menor.

Petter-HSD: Referencia de una máquina empacadora de la línea de galletería.

Petter-SR: Referencia de una máquina empacadora de la línea de galletería.

Ppk (índice de rendimiento del proceso): El índice Ppk es similar al índice Cpk, pero se usa para medir el rendimiento del proceso a lo largo del tiempo, considerando toda la variabilidad.

PPM (partes por millón): Mide la cantidad de defectos por cada millón de unidades producidas.

Principios de operación: Documentos que describen el orden de un proceso, identificando cómo debería ocurrir el proceso de una forma ideal.

Q-stat.NET: Herramienta estadística digital para calcular las capacidades de los procesos.

Re-call: Proceso mediante el cual un fabricante retira un producto del mercado debido a la detección de defectos o problemas que podrían representar un riesgo para los consumidores.

Retrabajo: Producto no conforme para la entrega final, pero que cuenta con las características necesarias para volver a ser reprocesado en la línea de producción.

Six Sigma: Metodología enfocada en la mejora de procesos, cuyo objetivo principal es reducir la variabilidad y los defectos en los procesos de fabricación y servicios.

## Introducción

En una fábrica de galletería, específicamente en una línea de producción de galleta tipo sándwich, se ha identificado un problema que por muchos meses ha sido una de las causas más significativas en pérdidas. Esta pérdida se conoce como la sobredosificación, la cual consta de entregar una cantidad superior a la establecida en la etiqueta. La etiqueta del producto plasma un peso neto de 34 gramos y por ninguna circunstancia se debe entregar producto terminado por debajo del peso que establece la etiqueta, ya que esto podría ocasionar problemas legales en caso de que un cliente o consumidor se encuentre con esta situación. Para disminuir el riesgo, se cuenta con equipos que verifican el peso de cada producto para garantizar que no estén por debajo del peso, pero no se cuenta con la configuración para descartar los productos que se encuentren con un peso por encima de los límites establecidos. Aunque a simple vista la diferencia en un paquete es de poco impacto, cuando se analiza detenidamente la situación se evidencia que existen 2 máquinas que empaquetan más de 660 paquetes por minuto, las 24 horas del día y 6 días a la semana. A largo plazo, los pocos gramos de diferencia entre el peso real de un paquete vs. el peso estampado en la etiqueta se reflejan en toneladas de pérdidas. Teniendo en cuenta los miles de paquetes que se pueden empaquetar durante un solo día, estas pérdidas, por supuesto, se reflejan en la disminución de la efectividad que puede tener la línea de producción y cómo resultan afectando finalmente las ganancias de la compañía. Estas pérdidas impactan directamente la eficiencia operativa de la línea de producción y afectan las ganancias de la compañía. Por lo tanto, se hace necesario implementar un enfoque estructurado y sistemático que permita reducir las pérdidas generadas por la sobredosificación, optimizando los procesos y garantizando un cumplimiento con los estándares establecidos.

## **Justificación**

Una de las principales pérdidas de la línea es la sobredosificación (exceso de peso en el producto final que se entrega al mercado), por lo cual las pérdidas económicas han sido grandes a través del tiempo y generan un gran impacto en los indicadores de producción buena de la compañía. Para ello, se han identificado grandes oportunidades en toda la línea de producción, como mejorar las prácticas de operación mediante implementación de estándares que garanticen un mejor proceso y mejorar las condiciones básicas de las máquinas siguiendo directrices con herramientas de mejora.

La idea de la ejecución del proyecto no es solo ver la mejora a corto plazo, si no que busca la sostenibilidad durante el tiempo; por ello, otra oportunidad que se ha identificado es el cambio de una cultura en las personas para que puedan seguir los direccionamientos según los estándares de trabajo establecidos.

Empleando los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la ingeniería de alimentos, para esta situación, se planea disponer en la práctica los principios de la gestión de la calidad e inocuidad de los alimentos, los procesos de cereales y oleaginosas e ingeniería de plantas de alimentos. A consideración se cuenta con las bases suficientes para brindar los aportes significativos en el desarrollo del proyecto.

**Pregunta Problemática**

¿Cuáles son las causas que generan las pérdidas por sobredosificación en la línea de producción de galleta tipo sándwich en una fábrica de confitería y galletería?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Reducir las pérdidas por sobredosificación en la línea de producción de galleta tipo sándwich en una fábrica de confitería y galletería en el departamento de Risaralda - Colombia, empleando la metodología Six Sigma - DMAIC como base para diseñar una lista de instrucciones que permitan resolver problemas de forma estructurada y enfocada en la mejora continua.

### **Objetivos Específicos**

Diseñar y presentar un mapa visual de pérdidas que identifique las principales pérdidas en la línea de producción de galletas tipo sándwich, categorizando y priorizando las máquinas con mayores índices de pérdida.

Establecer los principios de operación fundamentales de las máquinas críticas, basados en el análisis del mapa de pérdidas, para optimizar su funcionamiento y restaurar las condiciones básicas operativas.

Analizar qué metodologías se pueden utilizar para la identificación de las principales causas que llevan consigo la sobredosificación en la línea de producción de galletas tipo sándwich.

Definir las especificaciones y condiciones finales necesarias para estabilizar y garantizar el peso adecuado de las galletas tipo sándwich.

## Marco de Referencia

### Metodología Six-Sigma

En la elaboración de galletería en el área industrial, se pueden distinguir tres etapas principales: políticas (que incluye personal, material, métodos, equipo y medio ambiente), realización del producto o servicio, y salida (elaboración del producto final). En las diferentes etapas se pueden cometer errores que afectan la calidad del producto; todos los días un defecto es creado durante un proceso. Esto toma un tiempo extra para realizar pruebas, análisis y correcciones. Estas actividades adicionales requieren una serie de esfuerzos y recursos como materiales, equipos y capital humano. Existen metodologías que ayudan a la prevención de errores en los procesos industriales, siendo una de ellas Six-Sigma. Esta es una metodología de calidad de clase mundial (iniciada por la empresa Motorola en el año 1986), cuya aplicación se basa en ofrecer un mejor producto, con más rapidez y disminuyendo los costos. La sigma ( $\sigma$ ) es una letra tomada del alfabeto griego, utilizada en estadística como una variación. Esta metodología se basa en la curva de variación de la distribución normal y consiste en crear una serie de pasos para el control de calidad y optimización de los procesos en las líneas de producción. En los procesos industriales se pueden presentar costos de baja calidad a causa de:

Fallas internas: productos defectuosos, producto reprocesado e inconvenientes con el control de materiales.

Fallas externas: re-call (recogidas del mercado), garantías y problemas legales frente a los productos o servicios.

Evaluación del producto: mantenimiento y calibración de equipos de medición de los procesos y productos; soporte de laboratorios y auditorías de calidad.

Prevención de fallas: a consecuencia del diseño de los productos, capacitación a trabajadores, mejoras de calidad y pruebas de campo. (López, Metodología Six - Sigma: Calidad Industrial).

Debido a las anteriores fallas mencionadas, se aconseja aplicar la metodología Six-Sigma en los procesos industriales para prevenir el costo de baja calidad y con ello tener procesos, productos y servicios de buena calidad. Al aplicar la metodología en los procesos se pueden identificar rápidamente los problemas en producción; algunos ejemplos de ellos son los cuellos de botella, productos inconformes, pérdidas de tiempo, pérdidas de velocidad nominal, averías y etapas críticas. Es por esto por lo que es de gran importancia la metodología. A nivel global, la mayoría de los países industrializados aplican esta metodología. Las visitas realizadas a las empresas dan a conocer que la calidad de los productos y servicios después de haber implementado la metodología es mucho mejor que antes de aplicarla; es por eso por lo que las empresas que utilizan Six-Sigma son parte de las empresas reconocidas por su calidad en los productos y servicios.

Un estudio de 1997 demostró que las mejores compañías en su clase tienen los niveles de calidad Six-Sigma. Una compañía que no utiliza esta metodología gasta en promedio un 10% de sus ganancias en reparaciones externas e internas, en cambio una compañía que aplica la metodología gasta en promedio el 1% de sus ganancias en reparaciones externas e internas. (Smith, History of Six Sigma: Exploring the Roots, s.f.)

Se debe tener en cuenta que para alcanzar ciertos logros se deben utilizar diferentes parámetros como lo son: control de calidad, procedimientos de ISO-9000, cero defectos, entre otros. Esta metodología permite hacer comparaciones entre otras unidades de negocio, productos y servicios, proporciona las herramientas necesarias para conocer el nivel de calidad de la

empresa y al mismo tiempo direcciona los objetivos que se quieren lograr para el crecimiento de la empresa.

La misión es proporcionar la información pertinente para ayudar a la implementación de la calidad óptima para el producto, así como crear la confianza y comunicación con todo el equipo de trabajo, debido a que las tareas de la compañía parten de la información, las ideas y la experiencia. Esto ayuda a elevar la calidad y el manejo desde la parte de los líderes. La metodología es un programa que define dos niveles: operacional y gerencial. En el nivel operacional se utilizan diferentes herramientas estadísticas para elaborar las mediciones a las variables de los procesos con el fin de detectar los posibles defectos o causas raíz. El nivel gerencial analiza los procesos utilizados por los colaboradores para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios.

### **Herramientas de Mejora de Calidad**

La metodología, como se había mencionado con anterioridad, utiliza herramientas estadísticas para la mejora de la calidad. Se utilizan para conocer los problemas en el área de producción y saber la causa raíz de los defectos. Las herramientas que se utilizan en la metodología son:

Diagrama de flujo de procesos: se conocen las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos.

Diagrama de causa-efecto: es utilizada como lluvia de ideas para detectar las causas y las consecuencias de los problemas en el proceso.

Diagrama de Pareto: se aplica para identificar las causas principales de los problemas en procesos, de mayor a menor, y con ello focalizar los esfuerzos de mejora en lo que más impacto tiene.

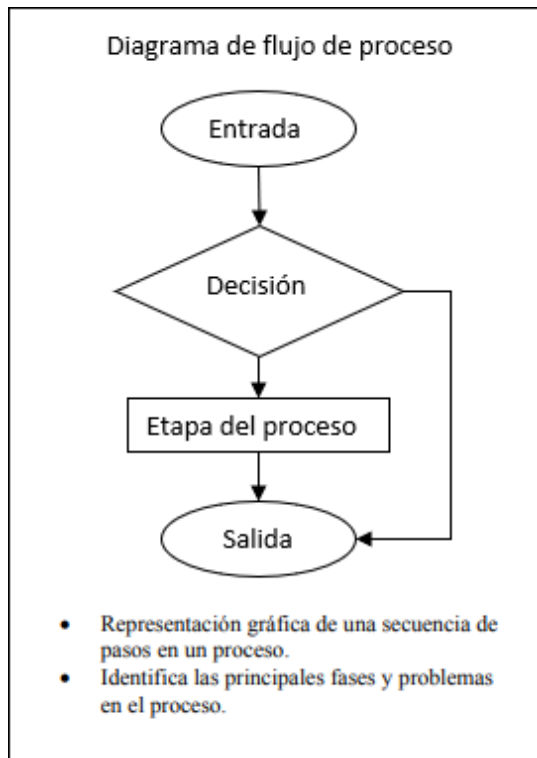
Histograma: se pueden observar datos que apuntan a los defectos y fallas y se agrupan en forma gaussiana, conteniendo los límites inferior y superior y la tendencia central.

Gráfica de corrida: representa datos gráficamente con respecto a un tiempo, con el fin de detectar cambios significativos en el proceso.

Gráfica de control: esta se aplica para mantener el proceso de acuerdo con un valor medio y los límites superior e inferior.

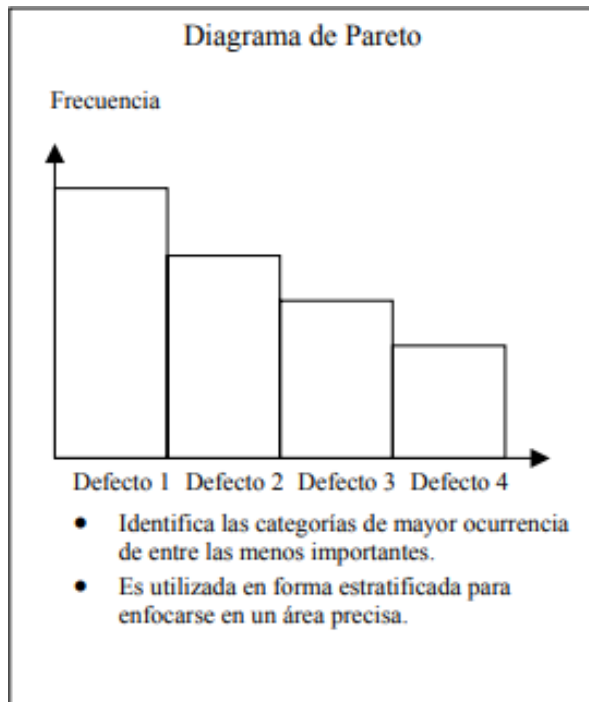
Diagrama de dispersión: con este diagrama se pueden relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación.

Modelo de regresión: se utiliza para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada.

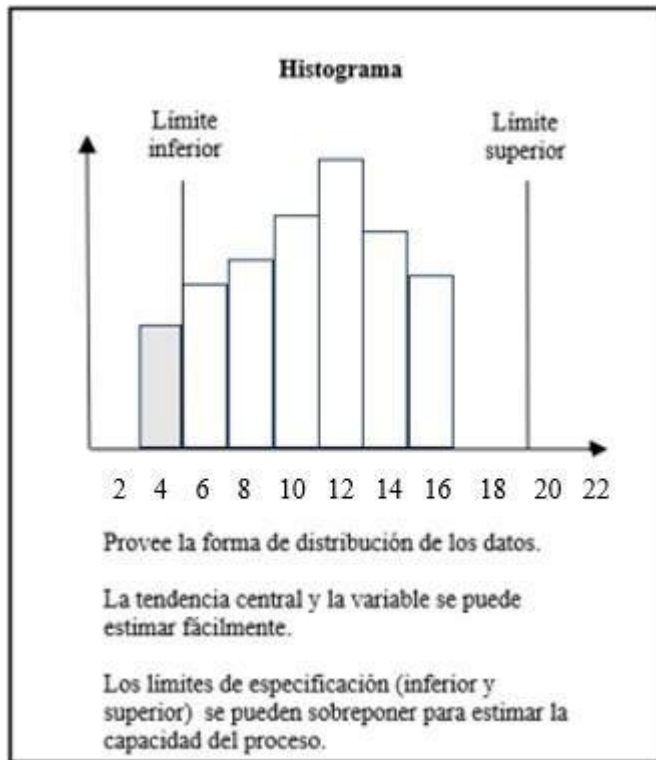
**Figura 1.***Diagrama de Flujo de Procesos*

*Nota:* El diagrama de flujo muestra la secuencia de pasos en un proceso, incluyendo una entrada, una decisión, una etapa del proceso y una salida. Este diagrama es útil para identificar las principales fases y problemas en el proceso. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

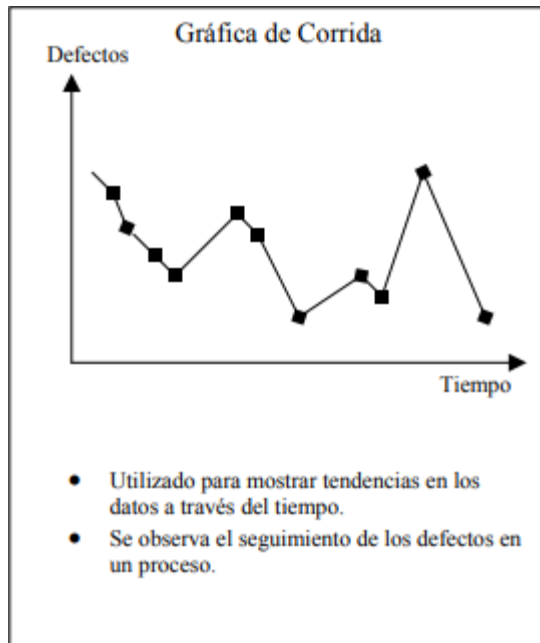


**Figura 3.***Diagrama Pareto*

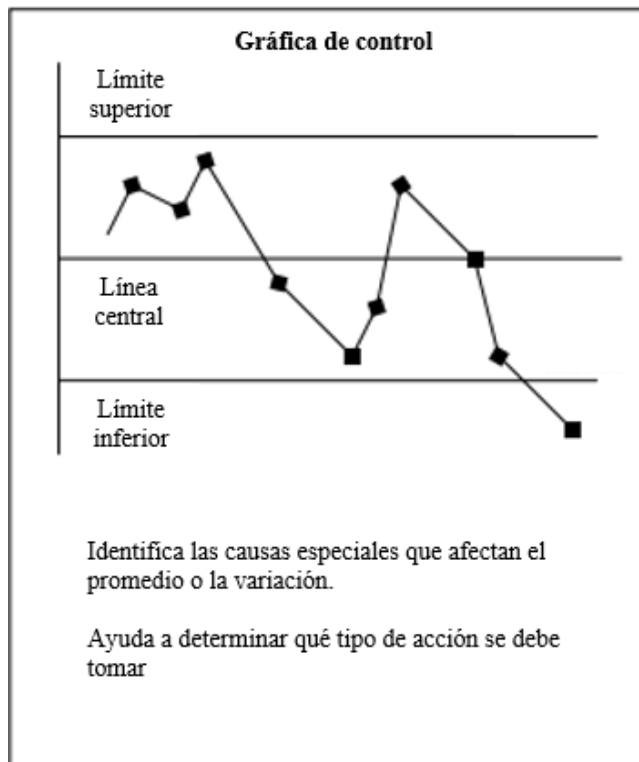
*Nota:* El diagrama de Pareto muestra la frecuencia de los defectos identificados en el proceso, ordenados de mayor a menor ocurrencia. Se observan cuatro categorías de defectos: Defecto 1, Defecto 2, Defecto 3 y Defecto 4. Este tipo de diagrama es útil para identificar y priorizar áreas críticas de mejora. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

**Figura 4.***Histograma*

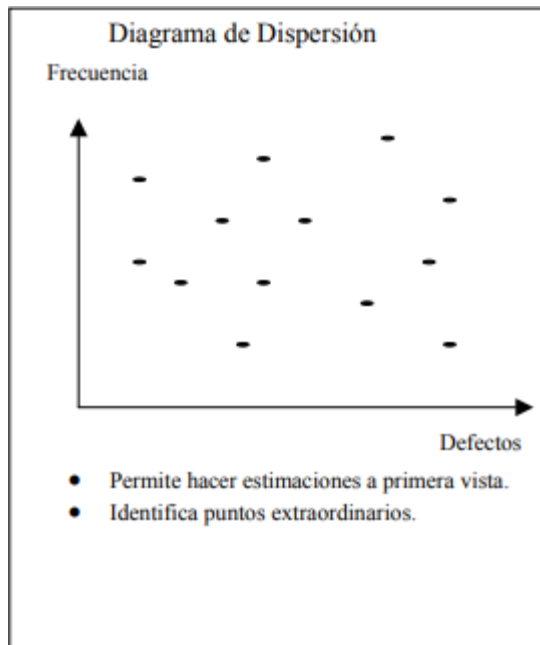
*Nota:* Muestra la distribución de los datos con límites inferior y superior, permitiendo estimar fácilmente la tendencia central y la variabilidad. Los límites de especificación ayudan a evaluar la capacidad del proceso. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

**Figura 5.***Gráfica de Corrida*

*Nota:* Muestra el seguimiento de los defectos en un proceso, permitiendo identificar patrones y variaciones en la calidad del producto o servicio. Utilizado para mostrar tendencias en los datos a través del tiempo. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

**Figura 6.***Gráfica de Control.*

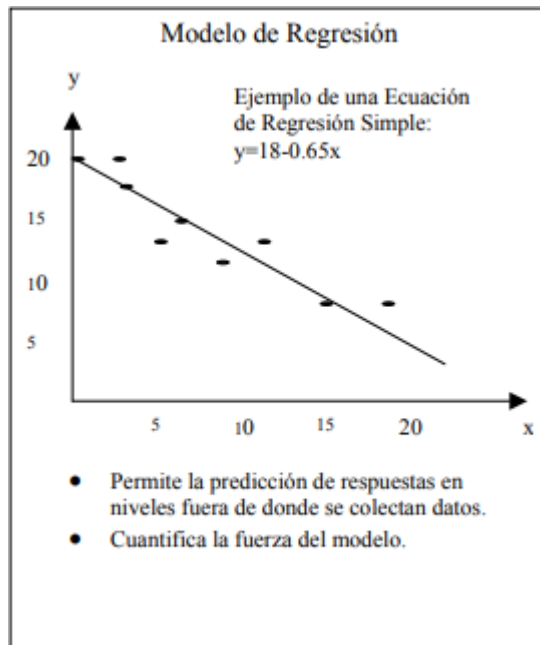
*Nota:* Muestra el seguimiento de los defectos en un proceso, permitiendo identificar patrones y variaciones en la calidad del producto o servicio. Utilizado para mostrar tendencias en los datos a través del tiempo. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

**Figura 7.***Diagrama de Dispersión*

*Nota:* Ilustra cómo los defectos en un proceso se relacionan con su frecuencia de ocurrencia. Es una herramienta útil para detectar patrones y evaluar la correlación entre variables. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

**Figura 8.**

*Modelo de Regresión.*



*Nota:* El gráfico muestra cómo se ajusta la ecuación de regresión a los datos observados, permitiendo prever resultados en otras condiciones similares. Tomado de Gustavo López, metodología Six – Sigma: calidad industrial, (p. 6 y 7), investigador del Instituto de Ingeniería-UABC.

## **Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)**

Como se mencionó anteriormente, la metodología Six-Sigma propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrollar acciones o proyectos que permitan elevar la satisfacción de este, utilizando para ello una serie de métodos estadísticos que dan garantía para fundamentar las decisiones basadas en los datos (Garza Ríos, González Sánchez, & Rodríguez González, Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas, 2016). convirtiéndose así en una plataforma que permite mejorar la competitividad de las organizaciones. Para ello propone desarrollar 5 etapas: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

(Ocampo, 2012). propone una metodología que integra el DMAIC con la simulación discreta (DMAIC SIM), utilizando la simulación como herramienta en las fases de Analizar y Mejorar. Por otro lado, (Chacón, 2007), (Kendrick, 2007) (Garza Ríos, González Sánchez, & Rodríguez González, Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas, 2016) introducen el uso del AHP (proceso analítico jerárquico) en la fase de Mejora para la selección de proyectos Seis Sigma, enfocándose en aquellos que mejor se alinean con los objetivos de la organización. Estos objetivos incluyen criterios como factibilidad, impacto ambiental, impacto financiero (costos e ingresos) e impacto en el cliente (satisfacción del cliente), entre otros. No obstante, según los autores, sería interesante integrar armónicamente en la metodología DMAIC tanto la simulación como herramientas de toma de decisiones multicriterio, específicamente en espacios discretos, para mejorar los procesos empresariales. Por ello, se propone un procedimiento, que se diferencia de otras propuestas por los aspectos que se relacionan a continuación:

La integración de las herramientas básicas y avanzadas de ingeniería y gestión de la calidad.

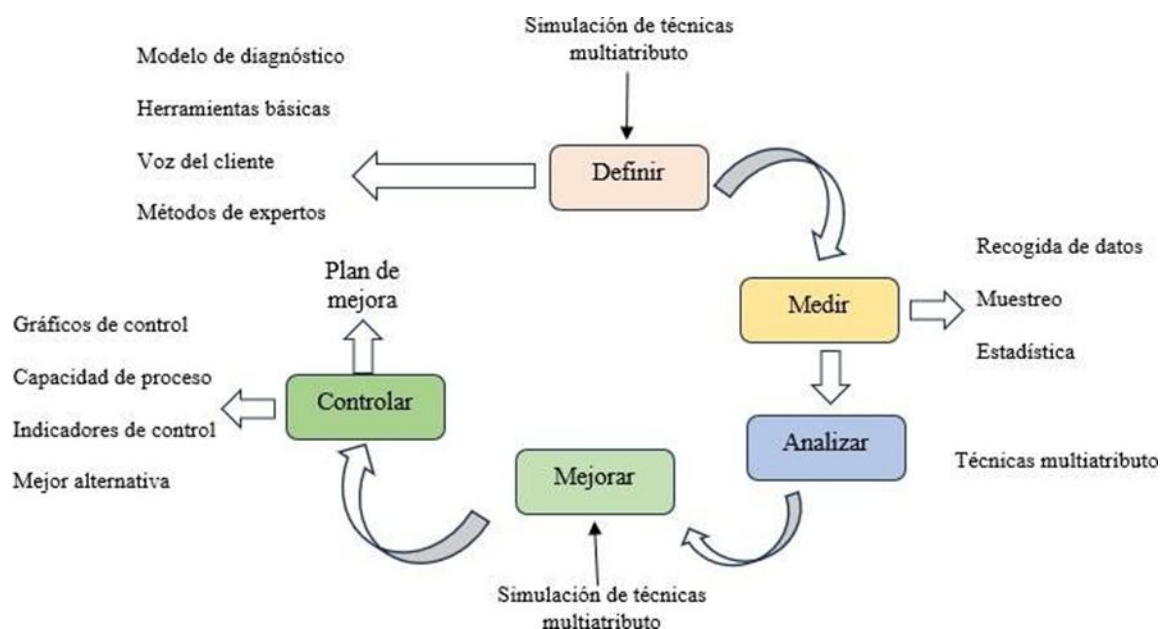
La simulación, los métodos estadísticos y los métodos para la toma de decisiones.

El uso del juicio de expertos para determinar los aspectos a considerar, así como la importancia de este.

Aplica las técnicas de toma de decisiones para obtener el ordenamiento de las alternativas de solución simuladas.

Propone una simulación para analizar bajo estudio, así como para la generación de alternativas de solución de problemas encontrados, sin la necesidad de realizar ensayos reales.

En el siguiente gráfico se muestra el procedimiento propuesto, representando las acciones en cada una de las fases de la metodología.

**Figura 9.***Diagrama de Flujo de Procesos*

*Nota:* Ilustra un proceso iterativo compuesto por cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Cada fase está asociada a herramientas y técnicas específicas, como el modelo de diagnóstico, herramientas básicas, voz del cliente, métodos de expertos, recogida de datos, muestreo, estadística, gráficos de control, capacidad de proceso e indicadores de control. Tomado de Rosario C. Garza Ríos, Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba.

En la fase de definición se debe obtener la jerarquización de los posibles proyectos de mejora de la organización. Por esto se utiliza el modelo de diagnóstico propuesto por (Garza Ríos R. C., 2012). Se propone el uso de la simulación con el objetivo de detectar las irregularidades en los procesos actuales, basándose en la toma de decisiones multiatributo para obtener la jerarquización de los problemas identificados.

En la fase de medir se determinan los indicadores de calidad, los cuales permiten conocer el comportamiento de los procesos, las variables que afectan el rendimiento de la organización, determinar la información necesaria, así como las herramientas para la recolección de datos y su debido tratamiento.

En la fase de analizar la información recolectada se determinan las posibles causas principales que afectan el funcionamiento del sistema, con vista a su posible eliminación. Las principales herramientas que se proponen en esta fase son estadísticas como correlación, análisis de varianza y técnicas de regresión. Normalmente para estas causas se utiliza un diagrama de causa - efecto o matriz de relación.

En la cuarta fase, nacen las posibles alternativas de solución definitiva para la mejora de los procesos, utilizando la simulación. Posterior a ello, se utilizan técnicas de toma de decisiones para ordenar las posibles alternativas, considerando el conjunto de criterios emitidos por los expertos y seleccionando la que se considere mejor.

En la fase final se establecen las variables e indicadores que deben ser controlados y revisados con frecuencia para dar garantía al buen funcionamiento de los procesos y la satisfacción de los clientes y consumidores; y se establecen los planes de acción necesarios para asegurar la mejora continua de los procesos.

La simulación se utiliza para analizar el posible comportamiento de las situaciones durante la fase de definir y para generar alternativas de mejora en la fase de mejora.

La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son

necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo (Garza Ríos R. C., 2012).

Los métodos de toma de decisiones se aplican para resolver los diferentes problemas en presencia de múltiples criterios o situaciones, logrando incorporar las preferencias de uno o varios expertos involucrados en el proceso para la decisión final.

### **Principio de Operación**

El objetivo de la herramienta es identificar y establecer las condiciones óptimas de operación para soportar el proceso de restauración en un nivel más técnico (mayor nivel de profundidad). Gracias a esto se facilita la creación de competencia técnica de los grupos de trabajo, a través de la comprensión de la relación entre los componentes del equipo y los materiales.

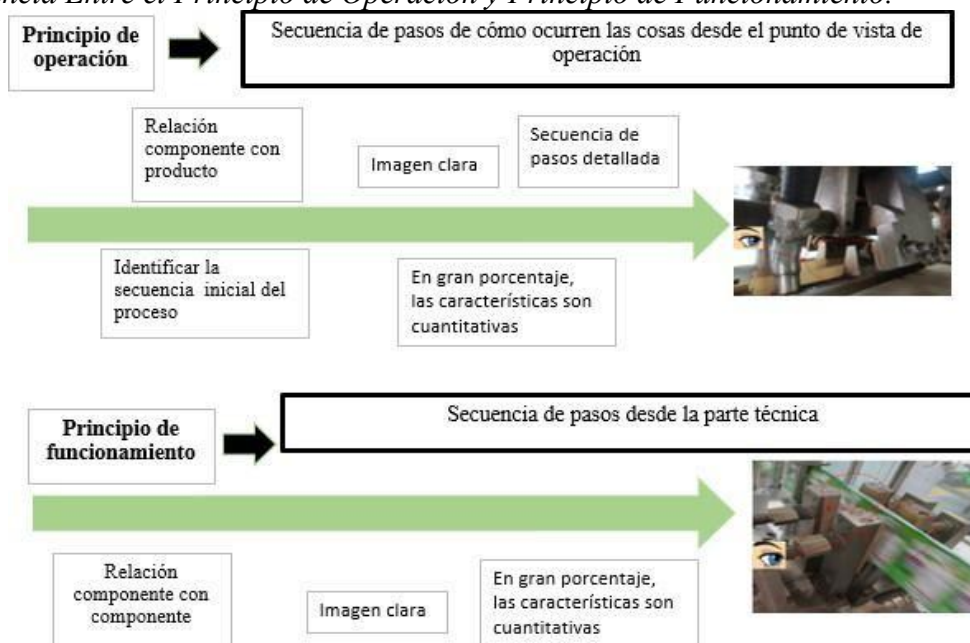
La herramienta se compone de dos elementos: el principio de operación y el principio de funcionamiento. El principio de operación se enfoca en describir la secuencia ideal de la operación teniendo en cuenta la relación que existe entre el componente y el producto. Para que lo anterior funcione de una manera adecuada se debe dar garantía que los componentes y sistemas de la máquina cumplan con los requisitos de las buenas condiciones básicas. Es importante que el producto también cuente con unas características cuantificables (alto, ancho, calibre, peso y cantidad), de tal manera que puedan ser valores estándar o con límites permitidos.

Lo anteriormente mencionado es necesario para que la relación componente – producto se pueda cumplir, aportando a la inocuidad del producto y al buen funcionamiento del equipo.

El principio de funcionamiento se enfoca en describir la secuencia ideal de la operación, teniendo en cuenta la relación que existe entre los componentes de todo el sistema de la máquina. Ambos componentes, como el principio de operación y el principio de funcionamiento, son importantes para identificar con más facilidad algún tipo de desviación, tener un criterio más técnico, actuar de manera oportuna ante una situación que se salga de los parámetros normales y generar una mejor comunicación entre los diferentes grupos de trabajo que conforman la compañía.

**Figura 10.**

*Diferencia Entre el Principio de Operación y Principio de Funcionamiento.*



*Nota:* Ilustra las diferencias clave entre ambos principios, proporcionando una guía clara para la implementación efectiva de prácticas técnicas en un entorno productivo. Elaboración propia.

### *Componentes y Características*

Flujo de proceso: es el paso a paso que debe tener la operación, desde donde inicia el flujo de la máquina o equipo hasta donde termina. Es importante destacar que esta fase debe ser específica y con un alcance definido. Esto es importante ya que uno de los objetivos de la herramienta es que sea fácil de entender para cualquier persona.

Parámetros: el componente que conforma la herramienta va directamente relacionado con cada uno de los pasos del flujo de proceso. Para cada proceso se debe tener claridad en cuanto a las características cuantitativas que intervienen. Pueden existir características cualitativas a destacar dentro de este componente. Lo ideal es que los componentes del equipo que están relacionados con el producto, así como el producto mismo, cuenten con estas características. De este modo, se podrá ejercer un mejor control sobre el proceso, especialmente en caso de que se produzcan alteraciones debido a diversas circunstancias. Esta preparación permitirá una respuesta más eficiente y eficaz ante cualquier eventualidad, asegurando así la continuidad y calidad en la producción.

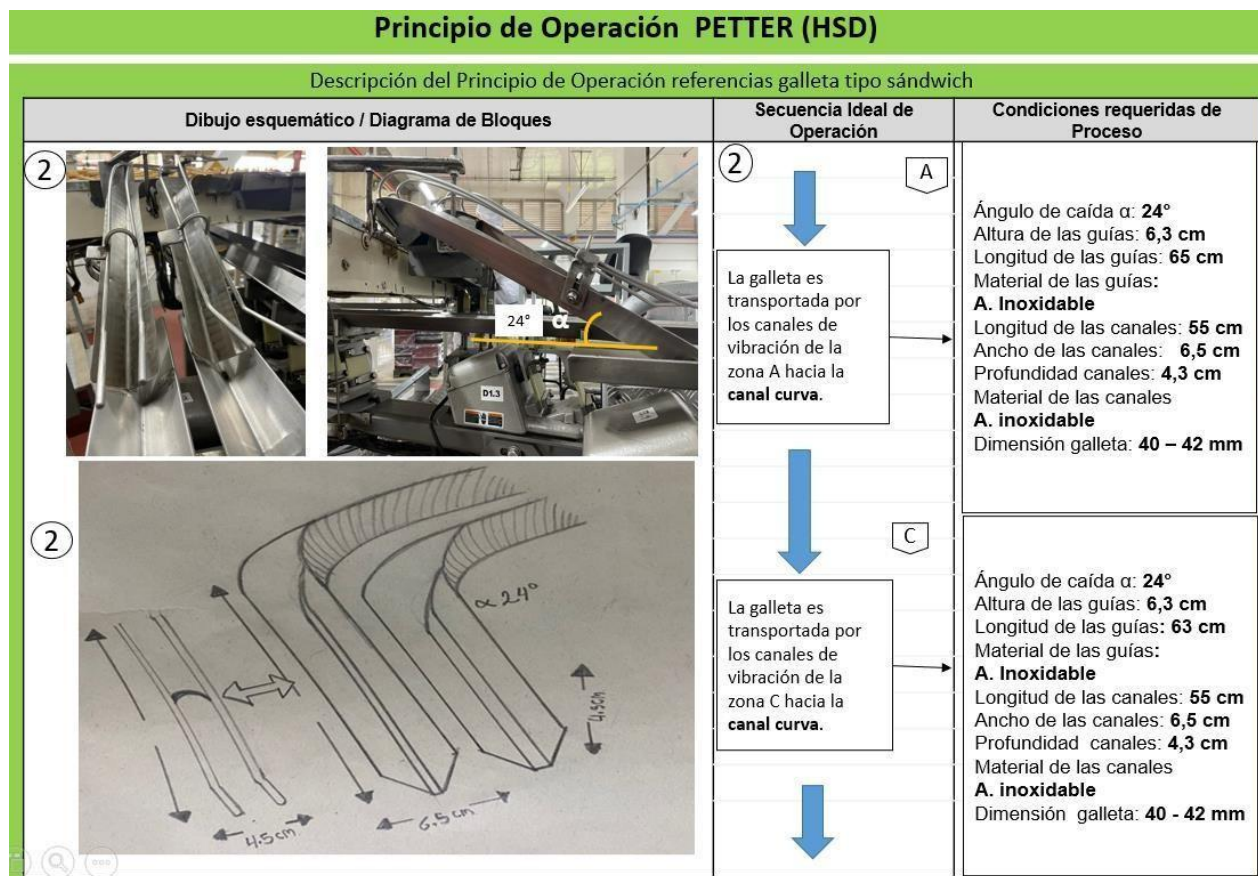
Imagen: se debe relacionar con lo que está en el flujo de proceso y los parámetros, para poder brindar una información más clara de lo que se quiere explicar. En algunas ocasiones se recomienda utilizar planos o dibujos para explicar de una manera más clara y visual lo que ocurre en cada uno de los pasos.

Los principios de operación y funcionamiento son herramientas metodológicas que deben ser construidas con la ayuda de las personas expertas en el área, del departamento técnico, de los operarios de la máquina involucrada, y debe tener la aprobación por parte de las personas

encargadas de garantizar la calidad y seguridad en los equipos y productos. A continuación, se dará un ejemplo de cómo es la herramienta.

**Figura 11.**

*Principio de Operación.*



*Nota:* Ilustración de una de las páginas del principio de operación de una máquina empacadora de galletas tipo sándwich. Elaboración propia.

### Mapa Visual de Pérdidas

El mapa visual de pérdidas es otra herramienta más que compone la metodología de TPM (mantenimiento productivo total); su principal enfoque se basa en identificar los diferentes tipos de pérdidas que tiene una línea, máquina o sistema. El mapa visual de pérdidas

clasifica las pérdidas de la siguiente manera:

**Tabla 1.**

*Clasificación de Pérdidas.*

| Pérdida                            | Frecuencia                       |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Seguridad / salud                  | No. de eventos sucedidos         |
| Medio ambiente                     | No. de puntos de generación      |
| Modos de defecto                   | No. de tipos de modos de defecto |
| Averías                            | No. de eventos sucedidos         |
| Fallas de proceso                  | No. de eventos sucedidos         |
| Paros menores                      | No. de eventos sucedidos         |
| Materiales (Retrabajo y barredura) | No. de puntos de generación      |

*Nota:* La tabla muestra la clasificación y frecuencia de diferentes tipos de pérdidas en un proceso industrial, permitiendo identificar y cuantificar eventos que afectan la eficiencia y seguridad del proceso. Elaboración propia.

Aunque lo que busca principalmente el mapa visual de pérdidas son las pérdidas en dinero, existe una excepción con las pérdidas por seguridad y salud, ya que para la compañía cualquier evento donde se comprometa la vida o la integridad de un ser humano es un impacto de gran importancia; por tal motivo, los accidentes no se consideran cuantificables en dinero, sino por evento. Para las pérdidas clasificadas por calidad, se realiza una evaluación a través de un

sistema de calificación específico llamado modos de defecto y se extrae de la siguiente forma:

Inicialmente, se deben identificar las características que no cumplen con el producto ideal. Ellas pueden ser, selles en mal estado que no cumplan las garantías de aislar el producto, faltante de producto, faltante de algún ingrediente del producto, producto en malas condiciones, producto con información borrosa, producto con alteraciones en las características organolépticas, etc.

El paso a seguir es identificar la frecuencia de ocurrencia de los eventos que pueden alterar el producto inocuo.

Se debe dar una calificación a través de un término conocido como RPN (riesgo relativo de un modo de error), el cual se calcula multiplicando tres factores: gravedad (S), ocurrencia (O) y detección (D). La gravedad es el impacto de las consecuencias de la falla para el cliente o el sistema. La ocurrencia es la frecuencia con la que se espera que ocurra la falla. La detección es la probabilidad de que se detecte el fallo antes de que llegue al cliente o cause daño.

Las escalas de impacto se determinan según el daño que esto pueda traer para el consumidor o cliente.

Una vez determinados los RPN para los productos, se procede a crear los planes de acción para controlar o eliminar las posibles causas.

### ***Pérdidas por Avería y Paros Menores***

Las pérdidas por avería se consideran cuando ocurren paros inesperados por daños en el equipo o máquina y se supera la barrera de los 10 minutos. Los paros menores son la clasificación de paros inesperados sin superar la barrera de los 10 minutos. Independiente del tiempo, en el rango de 1 minuto a 10 minutos se clasifica siempre como un paro menor.

### ***Pérdidas por Fallas de Proceso***

Las fallas de proceso son consideradas cuando existe alguna alteración o condición relacionada directamente con el proceso o los insumos utilizados para la elaboración del producto. Por ejemplo: medidas inadecuadas en el papel laminado ocasionan fallas en el flujo del proceso ideal para la elaboración del producto.

### ***Pérdidas por Retrabajo y Barredura***

El retrabajo es el producto no conforme para la entrega final, pero que cuenta con las características necesarias para volver a ser reprocesado en la línea de producción. La barredura es el producto que no cuenta con las condiciones de calidad para ser entregado al consumidor y tampoco puede volver a ser reprocesado; por este motivo es desechado para procesamiento de concentrados para animales o eliminación definitiva.

Determinación del Valor Monetario de las Pérdidas por Averías, Paros Menores y Fallas de Proceso

Para determinar las pérdidas monetarias por averías, paros menores y fallas de proceso se debe obtener el historial de un determinado tiempo de los problemas ya mencionados. Los tiempos de cada problema clasificado se deben multiplicar por el valor de la mano de obra, para obtener las pérdidas monetarias por estos tipos de eventos.

### ***Determinación del Valor Monetario de las Pérdidas por Retrabajo y Barredura***

Las pérdidas por retrabajo y barredura se deben obtener mediante la multiplicación de las cantidades perdidas durante el periodo de tiempo deseado y el valor monetario por kilogramo (de retrabajo y barredura) que cuesta para la empresa producirlo. Se tomará un ejemplo: en un periodo de 6 meses para la línea que produce galletas tipo sándwich se calculó que se produjeron 300 kg de retrabajo. El kilogramo de retrabajo producido para la compañía tiene un costo de \$2000. Por lo tanto, para conocer el impacto se debe multiplicar la cantidad por el valor. El

mismo proceso se debe de realizar para conocer las pérdidas por barredura. Ahora, se debe ser más detallado para una línea de producción, es decir, definir las pérdidas por máquinas o equipos.

### ***Definición de Impactos***

La definición de impactos ayuda a dar prioridad en las pérdidas, es decir, se define cuáles máquinas en una línea de producción representan mayores pérdidas económicas. Los niveles se clasifican de la siguiente manera:

El 20% de los datos más altos en pérdidas son considerados “impactos altos”

El 80% de los datos restantes son considerados “impactos bajos”

En la siguiente tabla se evidencia un ejemplo de la clasificación de impactos.

### **Tabla 2.**

#### *Listado de Pérdidas*

| Pérdida       | Máquina     | Frecuencia | Tipo                  | Impacto | Unidad |
|---------------|-------------|------------|-----------------------|---------|--------|
| Paros menores | Quality     | 1525       | No. veces que ocurrió | 5176    | \$     |
| Paros menores | Tecnopack 2 | 1296       | No. veces que ocurrió | 3560    | \$     |

|               |             |      |                       |       |    |
|---------------|-------------|------|-----------------------|-------|----|
| Paros menores | Tecnopack 1 | 1320 | No. veces que ocurrió | 3483  | \$ |
| Paros menores | Ricciarelli | 601  | No. veces que ocurrió | 2582  | \$ |
| Barredura     | Tecnopack 1 | 4    | No. veces que ocurrió | 2200  | \$ |
| Paros menores | Cavanna 4   | 629  | No. veces que ocurrió | 189 9 | \$ |
| Barredura     | Quality     | 3    | No. veces que ocurrió | 1800  | \$ |
| Paros menores | Cavanna 3   | 527  | No. veces que ocurrió | 1654  | \$ |
| Empaque       | Tecnopack 1 | 4    | No. veces que ocurrió | 1500  | \$ |
| Barredura     | Tecnopack 2 | 2    | No. veces que ocurrió | 1300  | \$ |
| Retrabajo     | Quality     | 3    | Kilos generados       | 1100  | \$ |
| Empaque       | Ricciarelli | 2    | Kilos generados       | 900   | \$ |
| Empaque       | Tecnopack 2 | 4    | Kilos generados       | 900   | \$ |
| Paros menores | Cortadora   | 220  | Kilos generados       | 737   | \$ |

*Nota:* La tabla detalla las pérdidas asociadas a paros menores y barredura en varias máquinas, con columnas que incluyen Pérdida, Máquina, Frecuencia, Tipo, Impacto y Unidad. Esta información es crucial para analizar la frecuencia y el impacto económico de los paros en diferentes máquinas, lo cual es fundamental para la gestión y optimización de la producción. Elaboración propia.

**Tabla 3.***Clasificación de Pérdidas*

| Rango | Numero de datos | Impacto              | Categoría | Frecuencia                | Categoría |
|-------|-----------------|----------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| 20%   | 4               | Pérdida mayor a 2500 | Alto      | Mayor o igual a 601 veces | Alto      |
| 80%   | 16              | Pérdida menor a 2499 | Bajo      | Menor o igual a 600 veces | Bajo      |

*Nota:* Esta tabla ilustra la relación entre el impacto de las pérdidas y su frecuencia de ocurrencia, facilitando la identificación de áreas críticas que requieren atención. Elaboración propia.

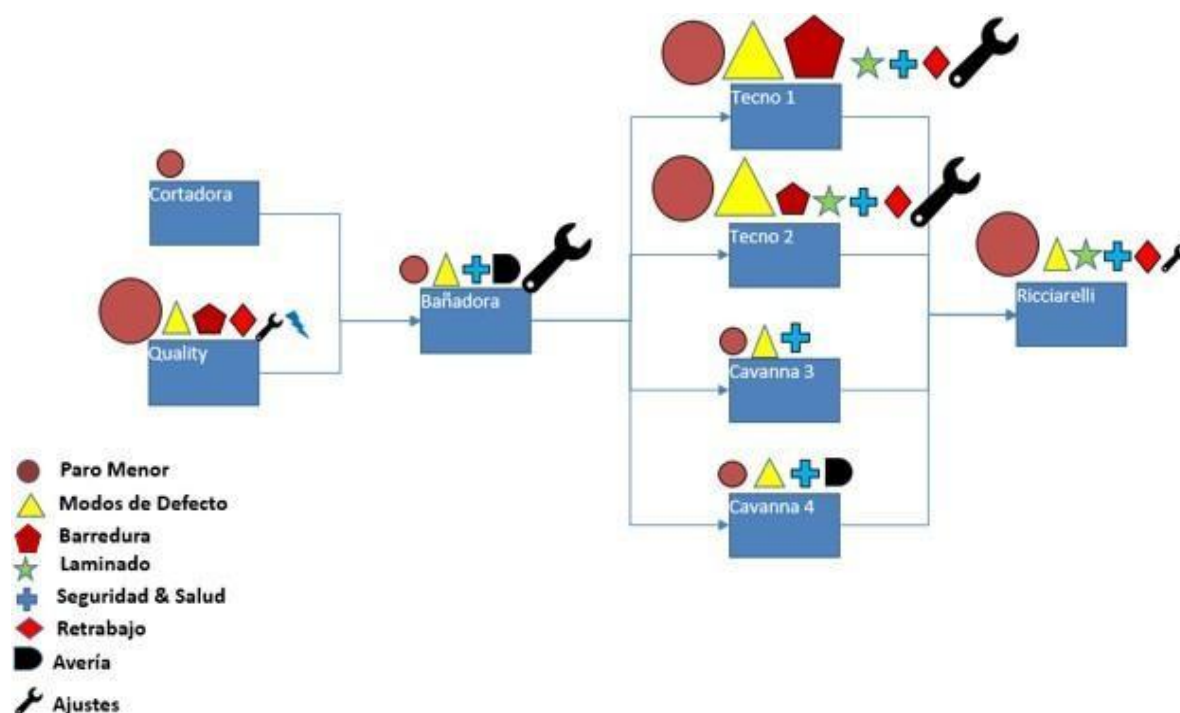
***Definición del Tamaño de los Iconos***

El tamaño de los iconos se relaciona directamente con el valor de los impactos. Cuando los impactos pertenecen al 20% de grandes pérdidas, el icono se representa de una manera grande. Si los impactos pertenecen al 80% del restante de pérdidas, el icono se representa de una manera pequeña.

A continuación, se presenta un ejemplo de un diagrama de bloques para una línea de producción, plasmando las máquinas que conforman dicha línea; y en cada máquina los iconos para las pérdidas encontradas, así como el impacto que tiene cada una de esas pérdidas.

**Figura 12.**

*Mapa Visual de Pérdidas*



*Nota:* El diagrama de flujo ilustra la secuencia de operaciones y los tipos de problemas o acciones asociados con cada etapa del proceso de producción. Elaboración propia

Si se hace un análisis al anterior diagrama (mapa visual de pérdidas), se concluye lo siguiente:

La máquina con menos impacto en pérdidas es la cortadora, ya que tiene un solo icono que representa paros menores y su icono es pequeño.

La máquina que más pérdidas representa es la tecno 1, que contiene 4 iconos de tamaño grande que representan paros menores, modos de defecto, barredura y ajustes. Además, contiene 3 iconos pequeños que representan pérdidas por laminado, pérdidas por seguridad y salud y pérdidas por retrabajo.

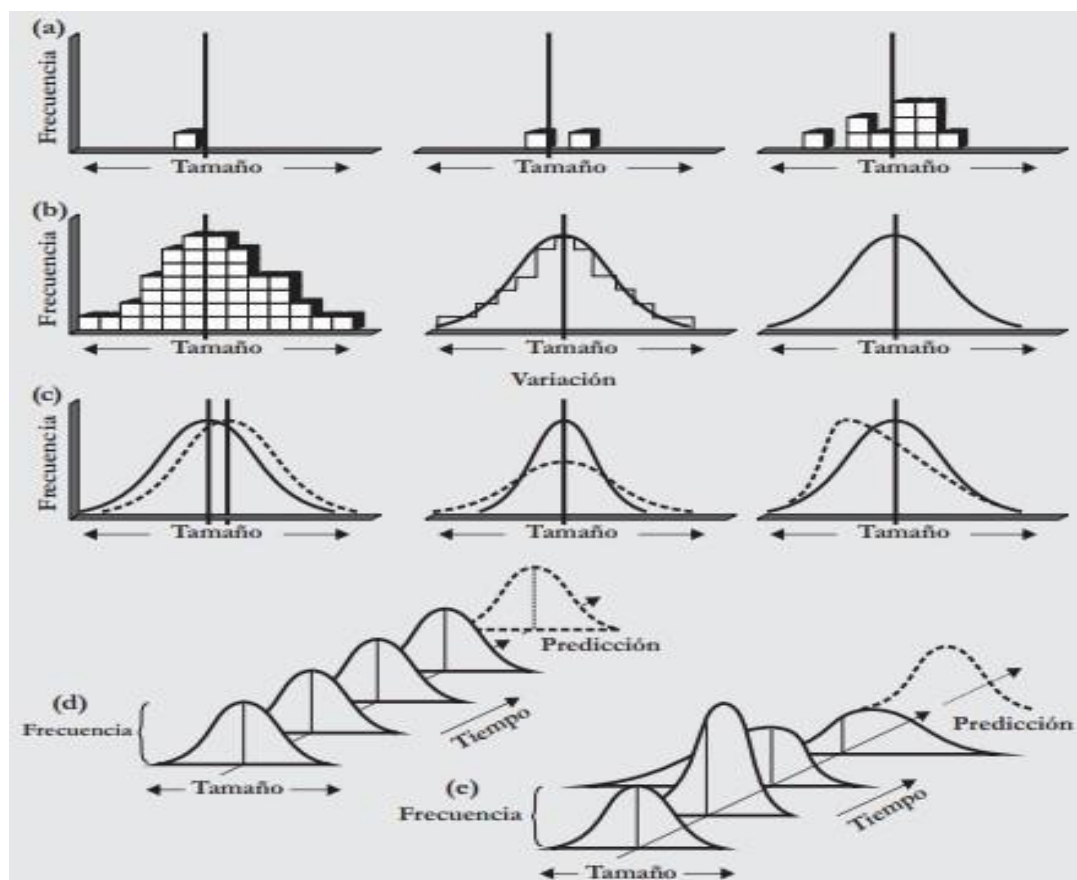
Según lo anterior, se puede concluir que los esfuerzos por realizar planes de mejora serían

para la máquina Tecno 1, ya que representa la mayor pérdida para la línea de producción. Los mapas visuales de pérdidas deben ser actualizados en un periodo de 6 meses para poder realizar un seguimiento a los posibles cambios que se ejecuten.

### **Variabilidad de Procesos de Producción**

No hay dos productos exactamente iguales porque los procesos mediante los cuales se producen incluyen fuentes de variación, incluso cuando estos procesos se desarrollen de una forma planeada. Por ejemplo, las medidas de largo y ancho de una galleta pueden no ser idénticas a causa del desgaste de los rodillos del molde, de la habilidad del operador o de la presión de los contrarrodillos. Nada puede hacerse para omitir o disminuir por completo las variaciones en los procesos, pero se puede tener la opción de investigar las causas de variación a fin de minimizarlas. En la siguiente figura se muestran los pasos para determinar la variación del proceso. Primero se debe tomar una serie de pequeñas muestras y se les coloca en una escala proporcional (eje horizontal). Después, en el eje vertical, se indica el número de veces que ocurrieron (frecuencia). Eventualmente, después de un número de muestras, se tienen las distribuciones mostradas. Las distribuciones difieren dependiendo de lo que revelaron las muestras. Si solo se encuentran las causas de variaciones naturales en el proceso, entonces las distribuciones serán similares.

Si aparecen causas de variaciones asignables (esto es, causas que no esperan como parte del proceso), entonces las muestras producirán distribuciones inesperadas. (Gómez).

**Figura 13.***Variaciones de Proceso*

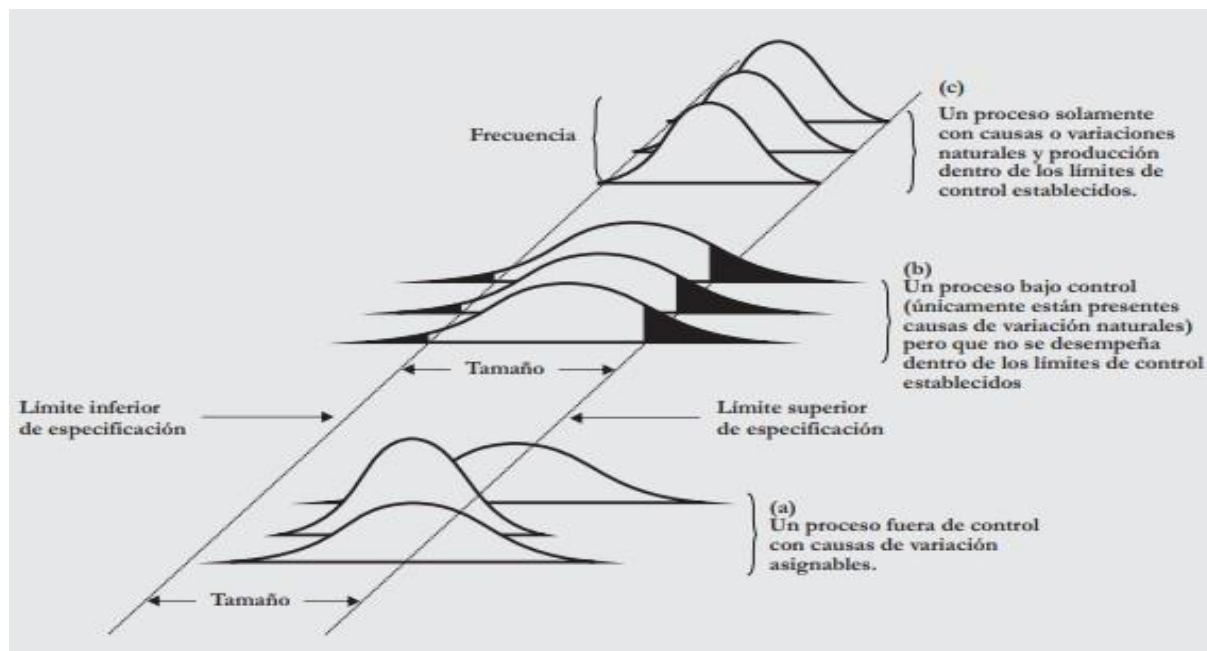
*Nota:* Variaciones naturales y asignables. (a) Las muestras varían de una a otra; (b) pero forman un patrón que, si es estable, es llamado distribución. (c) Las distribuciones pueden diferir en la medida de la tendencia central, variación, forma o cualquier combinación de éstas. (d) Si sólo se presentan causas de variación naturales, la salida del proceso forma una distribución que es estable a través del tiempo y es predecible. (e) Si se presentan causas de variación asignables, la salida del proceso no es estable a través del tiempo y no es predecible. Figura tomada de Roberto Paz y González Gómez. Control estadístico de procesos.

La idea es eliminar las variaciones asignables y mantener los procesos en los rangos de control. A continuación, se muestran tres tipos de salida del proceso: primero se muestra un

proceso que está fuera de control; segundo, se evidencia un proceso bajo de control pero que no se desempeña dentro de los límites de control; y tercero, se muestra un proceso bajo control que se encuentra dentro de los límites deseados o establecidos.

### Figura 14.

#### *Control de Proceso*



*Nota:* Control estadístico de procesos. Figura tomada de Roberto Paz y González Gómez. Control estadístico de procesos

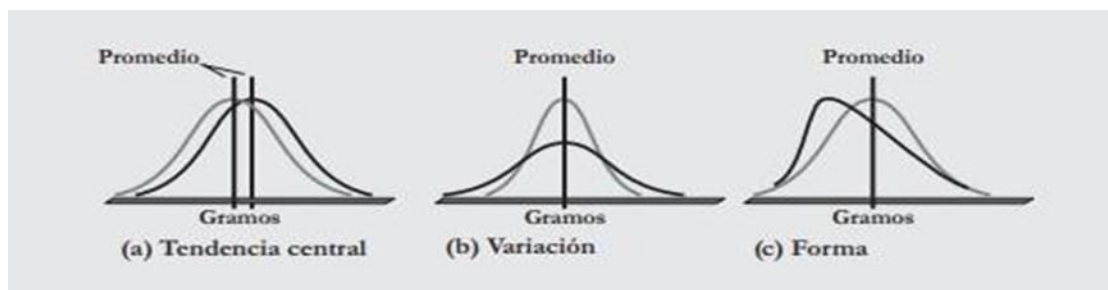
Existen dos categorías en la variación: causas comunes y causas asignables. Las primeras son fuentes de variación netamente aleatorias, no identificables e imposibles de evitar mientras se utilice el procedimiento actual. (Gómez). Por ejemplo, una máquina para llenar cajas con tacos de galletas no empacará la misma cantidad de galletas en toda la caja. Si el consumidor se diera a la tarea de pesar cada taco de galletas por máquina y representara gráficamente los resultados por medio de un diagrama de dispersión, los datos tenderían a formar un patrón que suele describirse como una distribución.

Si la variabilidad del proceso proviene únicamente de causas comunes de variación, la suposición típica es que se trata de una distribución simétrica, donde la mayoría de las observaciones se localiza cerca del centro. (Gómez).

Para la segunda categoría de las causas asignables, cualquier factor causante puede ser identificado y eliminado. Por ejemplo, la misma máquina que empaca los tacos de galletas. En la siguiente imagen se evidencia que las causas asignables modifican la distribución de la producción de dicha máquina. La curva gris representa la distribución del proceso cuando solo existen causas comunes de variación. La línea negra ilustra un cambio en la distribución debido a causas asignables.

### Figura 15.

*Efecto de las Causas Asignables Sobre la Distribución del Proceso.*



*Nota:* (a) Las muestras varían de una a otra; (b) pero forman un patrón que, si es estable, se llama distribución. (c) Las distribuciones pueden diferir en la medida de la tendencia central, variación, forma o cualquier combinación de éstas. Figura tomada de Roberto Paz y González Gómez.

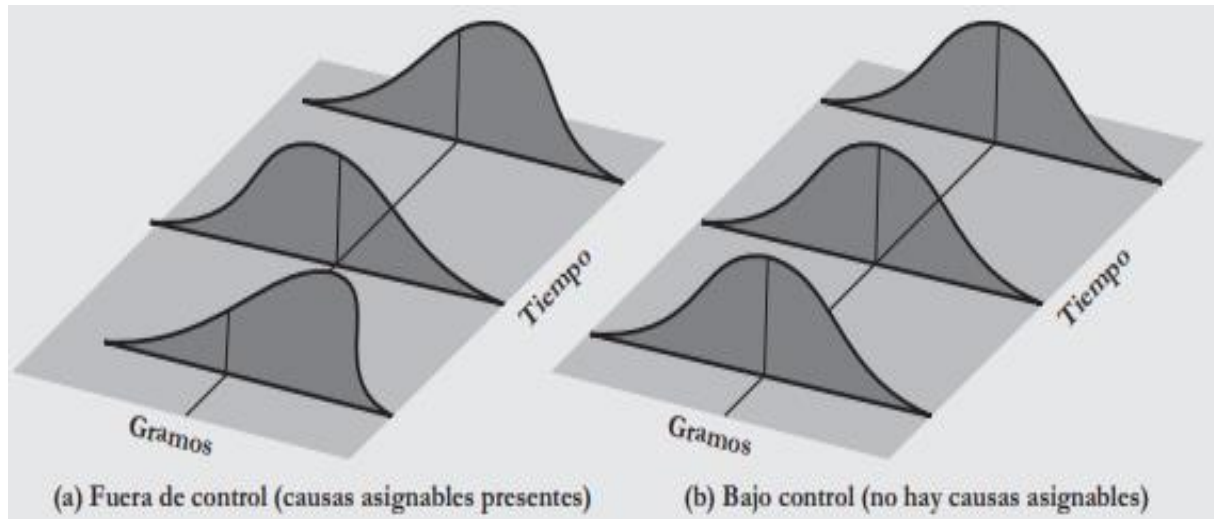
Control estadístico de procesos.

Se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando la localización, expansión o forma de distribución no cambia con el tiempo. En la siguiente imagen se pueden evidenciar las diferencias entre un proceso que está bajo control estadístico y otro que no lo está. En la figura (a)

una máquina se encuentra empacando diferentes distribuciones de peso a través del tiempo, lo cual indica causas asignables que es preciso eliminar. En la figura (b) las distribuciones de peso son notables a través del tiempo. En consecuencia, el proceso está bajo control estadístico. (Gómez).

### Figura 16.

#### *Efecto de las Causas Asignables Sobre el Control del Proceso*



Nota: La ilustración visualiza la diferencia entre un proceso fuera de control y un proceso bajo control, lo cual es crucial en el control de calidad y la gestión de procesos Tomado de Roberto Carro Paz y Daniel González Gómez, Control estadístico de procesos.

### Capacidad de Procesos

Las técnicas de control estadístico de procesos ayudan a realizar y mantener una distribución de procesos que no cambia en lo que se refiere a su media y su varianza. Los acotamientos de control señalan cuando cambia la media o la variabilidad del proceso. Sin embargo, un proceso que se encuentra bajo control estadístico no siempre genera productos de acuerdo con sus respectivas especificaciones de diseño porque los acotamientos de control están

basados en la media y la variabilidad de la distribución del muestreo, no en las especificaciones de diseño. (Gómez).

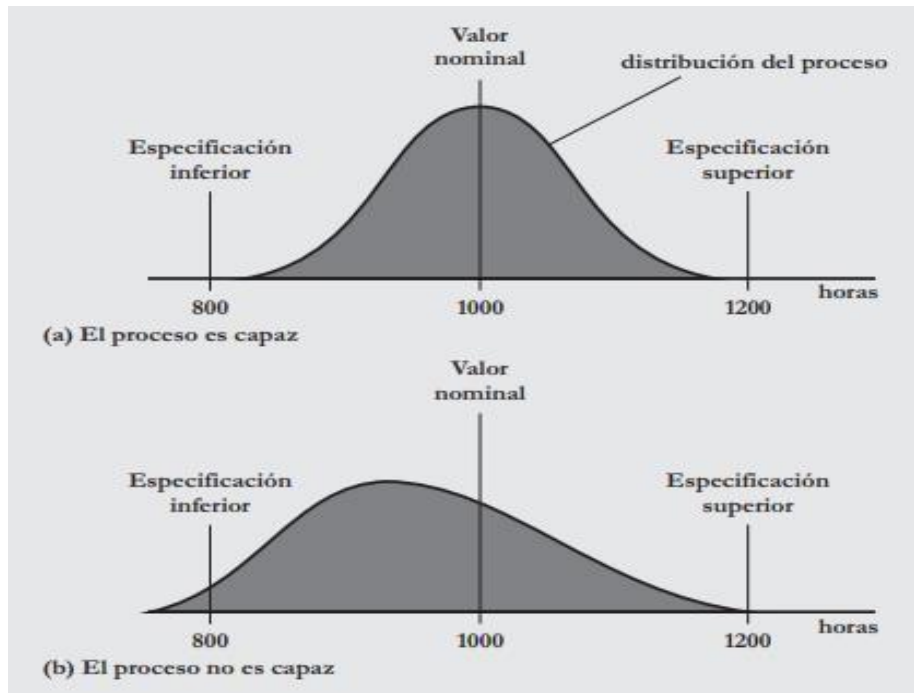
Esto se refiere a la capacidad para cumplir según las especificaciones de diseño de un producto dado. Las especificaciones de diseño se expresan a menudo como un valor nominal u objetivo y como una tolerancia, o margen aceptable por encima o por debajo del valor nominal.

Por ejemplo, el peso neto de la galleta tipo sándwich puede indicar un valor nominal de 50 gramos y una tolerancia de  $\pm 4$  gramos. Esta tolerancia arroja una especificación superior de 54 gramos y una especificación inferior de 46 gramos.

El proceso de fabricación de galletas debe ser capaz de producirlas dentro de esas especificaciones de diseño, de lo contrario habría cierta proporción de galletas defectuosas. En la siguiente imagen se evidencia la relación entre una distribución de procesos y las especificaciones superior e inferior para el proceso de fabricación de galletas bajo dos condiciones diferentes. En la figura (a) se puede observar que el proceso es capaz por los extremos de la distribución y se encuentra dentro de las especificaciones superior e inferior. En la figura (b) en cambio, el proceso no es capaz porque produce demasiadas galletas por debajo del peso inferior. (Gómez).

**Figura 17.**

*Relación entre la distribución de un proceso y las respectivas especificaciones.*



Nota: El primer gráfico (a) está etiquetado como "El proceso es capaz" y muestra una curva de distribución normal centrada alrededor del "Valor nominal" de 1000 horas. La curva se encuentra bien dentro de la "Especificación inferior" de 800 horas y la "Especificación superior" de 1200 horas, indicando que el proceso es capaz. El segundo gráfico (b) está etiquetado como "El proceso no es capaz" y muestra una curva de distribución normal también centrada alrededor del "Valor nominal" de 1000 horas. Sin embargo, esta curva se extiende más allá de la especificación inferior de 800 horas, indicando que el proceso no es capaz. Tomado de Roberto Carro Paz y Daniel González Gómez, Control estadístico de procesos.

## Metodología

### Contexto

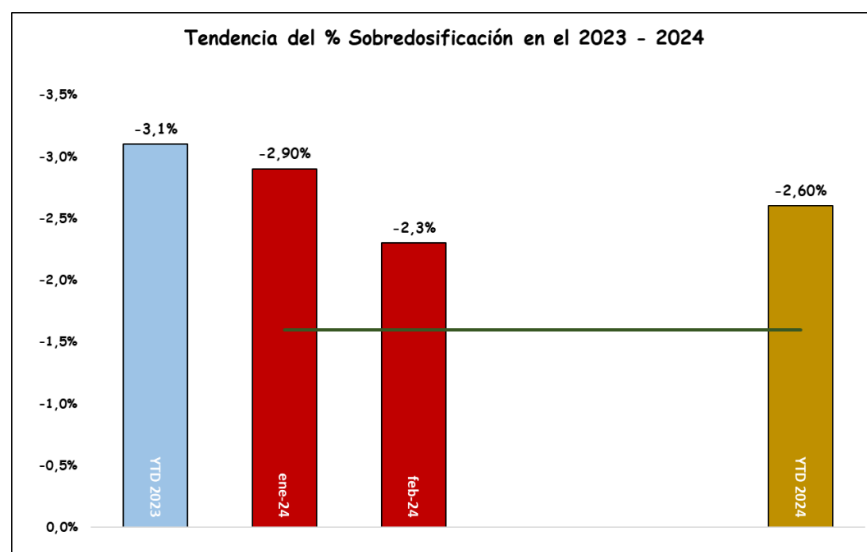
Durante el año 2023 se tuvo una pérdida por variaciones de uso de semielaborado en los productos de galleta tipo sándwich que representa el 3.1%. Para lo transcurrido en el año 2024 hasta el mes de abril, la línea de producción de galletas tipo sándwich presentaba un porcentaje de pérdida por sobredosificación del 2.6 %.

### Metas

Se pretende reducir en un 40% la sobredosificación de galletas tipo sándwich; gracias a esto se logrará dar un ahorro de 352.8 millones de pesos y, desde luego, mejorar significativamente el costo de fabricación de la galleta tipo sándwich.

### Figura 18.

*Tendencia de la sobredosificación para galleta tipo sándwich para el periodo 2023-2024*

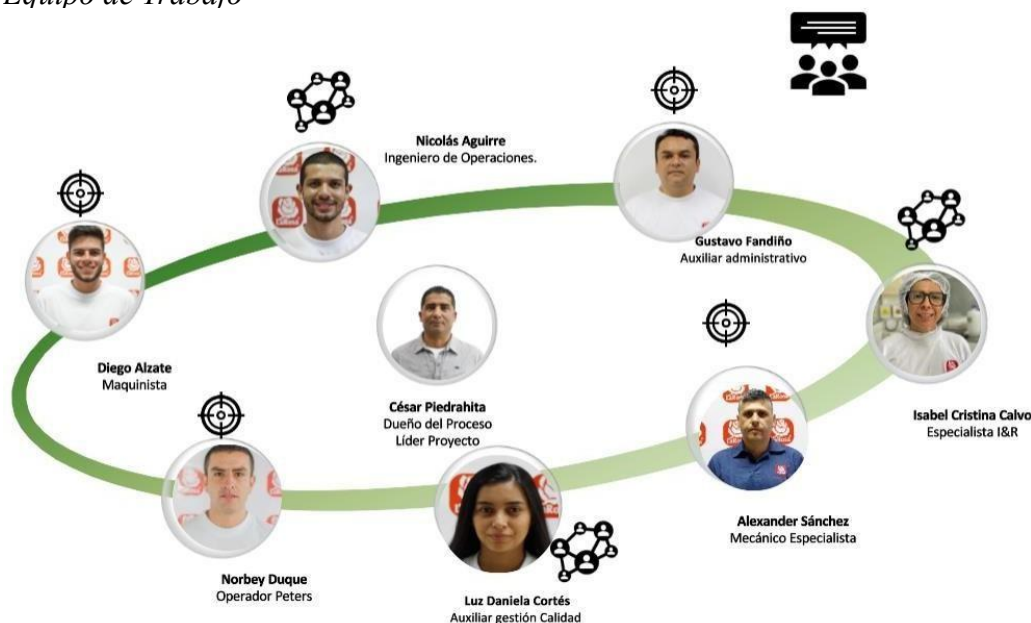


*Nota:* Se identifica la cantidad elevada del comportamiento de la sobredosificación, para el cual se inicia el proyecto buscando la reducción de este tipo de pérdida para la línea de producción de galletas tipo sándwich. Elaboración propia.

## Equipo de trabajo

**Figura 19.**

*Equipo de Trabajo*



*Nota:* Muestra un organigrama o diagrama de flujo que representa a un equipo de trabajo con sus respectivos roles y nombres. Elaboración Propia.

El equipo de trabajo se conformó con personas de diferentes departamentos de la fábrica con el fin de obtener diferentes perspectivas en los problemas encontrados. Se cuenta con un mecánico especialista, persona idónea desde el punto de vista mecánico de cada una de las máquinas que conforman la línea de producción. Auxiliar en gestión de la calidad, persona que ayudará a dar las garantías para que los cambios que se realicen en los procesos no alteren la calidad del producto. Operador Petter, persona encargada de verificar y operar el funcionamiento de los equipos encargados del empaque final del producto; esta persona ayudará a comprender desde un punto de vista operativo el proceso antes de entregarlo al mercado. Maquinista y auxiliar administrativo, persona encargada de llevar a cabo la estandarización del proceso, la



**Figura 21.***Cronograma de Trabajo para el Mes de Junio*

|   | Junio          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| <b>Definición</b>                                 |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Extracción de información de SAP, DMO             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Organización y segmentación de la información     |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Análisis y estructuración de la información       |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Definición del Equipo                             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Medición</b>                                   |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Planeación de las mediciones                      |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Segmentación de la Línea para realizar mediciones |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Medición de la referencia a intervenir            | Linea sin prod |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Análisis</b>                                   |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Análisis de la medición                           |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Capacidad de proceso                              |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Desarrollo de ACR                                 |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Implementación</b>                             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Estandarización de proceso                        |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Implementación de acciones                        |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Control</b>                                    |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cumplimiento y sostenibilidad de estandares       |                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

**Figura 22.***Cronograma de Trabajo para el Mes de Julio*

|   | Julio |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| <b>Definición</b>                                 |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Extracción de información de SAP, DMO             |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Organización y segmentación de la información     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Análisis y estructuración de la información       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Definición del Equipo                             |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Medición</b>                                   |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Planeación de las mediciones                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Segmentación de la Línea para realizar mediciones |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Medición de la referencia a intervenir            |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Análisis</b>                                   |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Análisis de la medición                           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Capacidad de proceso                              |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Desarrollo de ACR                                 |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Implementación</b>                             |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Estandarización de proceso                        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Implementación de acciones                        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Control</b>                                    |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cumplimiento y sostenibilidad de estandares       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |



**Figura 25.***Cronograma de Trabajo para el Mes de Octubre*

|   | Octubre |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
|   | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |  |
| <b>Definición</b>                                 |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Extracción de información de SAP, DMO             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Organización y segmentación de la información     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Análisis y estructuración de la información       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Definición del Equipo                             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <b>Medición</b>                                   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Planeación de las mediciones                      |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Segmentación de la Línea para realizar mediciones |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Medición de la referencia a intervenir            |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <b>Análisis</b>                                   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Análisis de la medición                           |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Capacidad de proceso                              |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Desarrollo de ACR                                 |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <b>Implementación</b>                             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Estandarización de proceso                        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Implementación de acciones                        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| <b>Control</b>                                    |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| Cumplimiento y sostenibilidad de estándares       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |

*Nota:* El cronograma muestra un plan detallado de actividades dividido en cinco fases:

Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control. Cada fase contiene varias tareas específicas con barras de colores que indican la duración de cada tarea a lo largo del mes.

Elaboración propia.

El proyecto se realiza en un lapso de 6 meses, siguiendo los pasos de la metodología DMAIC (definición, medición, análisis, implementación y control). Para la fase de medición se realiza la extracción de los datos de la línea de producción desde las bases de datos de la compañía; se organiza y se estructura la información para tener más claridad de los puntos a trabajar. Finalmente se define el grupo de trabajo.

En la fase de medición, como su nombre lo indica, se realizan las mediciones en los diferentes puntos de la línea de producción, llevando una base de datos de los resultados

obtenidos; con ello se busca identificar dónde ocurren las principales desviaciones en cuanto a la sobredosificación.

En la fase de análisis, se llevan los datos a herramientas de estadística como Q-stat.NET para determinar el comportamiento de los datos y la capacidad del proceso, basado en los límites requeridos, para obtener un buen rendimiento. En esta parte del desarrollo del proyecto se implementan herramientas de análisis para determinar la fuente raíz del problema y generar planes de acción que puedan contribuir a las mejoras de los procesos.

En la fase de implementación, se lleva a cabo la actualización o la creación de los diferentes estándares de los procesos o el manejo de estos. El fin último de los estándares es crear una estabilidad en los diferentes escenarios que se puedan presentar; así mismo que las diferentes personas que participan en el proceso de la elaboración del producto lo puedan realizar siempre bajo unas condiciones ideales. Si se implementa y se practica este tipo de herramientas, se logra disminuir la variabilidad en las diferentes etapas de los procesos.

La última fase de control es una de las más importantes, ya que es crucial garantizar que todos los cambios implementados y las mejoras obtenidas se mantengan a lo largo del tiempo. La cultura y el compromiso son pilares fundamentales para lograr tal sostenibilidad. Es importante destacar la conservación de las condiciones básicas de los equipos de la línea de producción, así mismo las características idóneas de las materias primas y otros insumos directamente relacionados con el proceso.

## Estándar para el Orden de la Adición de los Ingredientes en la Fase de Preparación de Masas

**Figura 26.**

*Elaboración de la crema para la galleta tipo sándwich.*

| Ingredientes       | Código             | 1. Efraín Arcila/<br>Gonzalo | 2. Fernando Espinoza/<br>Jair Santa | 3. Albino Buitrago/<br>Gabriel  | Estándar interno               | Parámetros permitidos | Teoría de la empresa   | Observaciones  |
|--------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--|--|
| Grasa hidrogenada  | 40000751           | 2                            | 1                                   | 2                               | 2                              |                       |  |  |
| Esencia            | 40000473           | 3                            | 3                                   | 3                               | 3                              |                       |  |  |
| Sal yodada         | 40000782           | 3                            | 4                                   | 4                               | 3                              |                       |  |  |
| Oleína de Palma    | 43714750           | 4                            | 5                                   | 5                               | 4                              |                       |  |  |
| Lecitina           | 43842493           | 1                            | 2                                   | 1                               | 1                              |                       |  |  |
| Azúcar Pulverizada | 43621866           | 7                            | 5,9                                 | 6                               | 5                              |                       |  | Material compacto, en arranques comentario operador 2 cambio en tiempos              |
| Cocoa + Panela     | 41162392 + 4000781 | 5                            | 6                                   | 7                               | 6                              |                       |  | Panela algunas ocasiones se compacta comentario operador 2                           |
| Malta              | 43870172           | 6                            | 7                                   | 8                               | 7                              |                       |  |  |
| Glucosa            | 43121832           | 6                            | 8                                   | 9                               | 8                              |                       |  |  |
| Tiempo de mezcla 1 |                    |                              |                                     |                                 |                                |                       |  |  |
| Tiempo Mezcla 1    |                    | 1,2,3,4,5,6,7 mezcla 90 rpm  | 1,2,3,4,5,6,7,8,9 mezcla 90-100 rpm | 1,2,3,4,5,6,7,8,9 mezcla 80 rpm | 1,2,3,4,5,6,7,8, mezcla 90 rpm | 100 - 160 rpm         | Grasa + azúcar = 100 segundos<br>Sabores + lecitina = 180 segundos |  |
| Suero              | 40001037           | 1                            | 1                                   | 1                               | 1                              |                       |  | Material compacto comentario operador 2 y 3, cambia tiempos y orden de ingredientes. |
| Suero permeado     | 43072009           | 2                            | 2+4k maltodextrina                  | 2+4k maltodextrina              | 2                              |                       |  |  |
| Tiempo de mezcla 2 |                    |                              |                                     |                                 |                                |                       |  |  |
| Tiempo Mezcla 2    |                    | Mezcla 60 segundos           | Mezcla 40-70 segundos               | Mezcla 70 segundos              | Mezcla 60 segundos             | 90 - 120 rpm          | Mezcla 180 segundos  |  |

*Nota:* "Elaboración de la crema para la galleta tipo SANDWICH". La tabla está dividida en varias columnas y filas que detallan los ingredientes necesarios para la crema, sus códigos y las cantidades específicas utilizadas por diferentes personas (Efraín Arcila/Gonzalo, Fernando Espinoza/Jair Santa, Albino Buitrago/Gabriel) y el estándar interno. Elaboración propia.

Existe un orden en la adición de los ingredientes y la preparación de los semielaborados. Esto garantiza que se cumplan ciertas condiciones que ayudan a que los procesos posteriores puedan tener un desarrollo satisfactorio. Por tal motivo, se realiza una encuesta con las personas encargadas en la fase del proceso de la elaboración de las cremas, con las siguientes conclusiones:

La adición de los ingredientes es muy similar en los tres escenarios, por lo cual no genera un impacto o cambio significativo en el resultado final.

Los tiempos de mezclado para la preparación de las cremas varían en los tres escenarios y, dada la teoría, puede generar un impacto evidente en la textura final de las cremas del producto, lo cual puede impactar de manera positiva o negativa los procesos posteriores.

### Muestreo antes de Empezar a Aplicar las Acciones Correctivas

**Figura 27.**

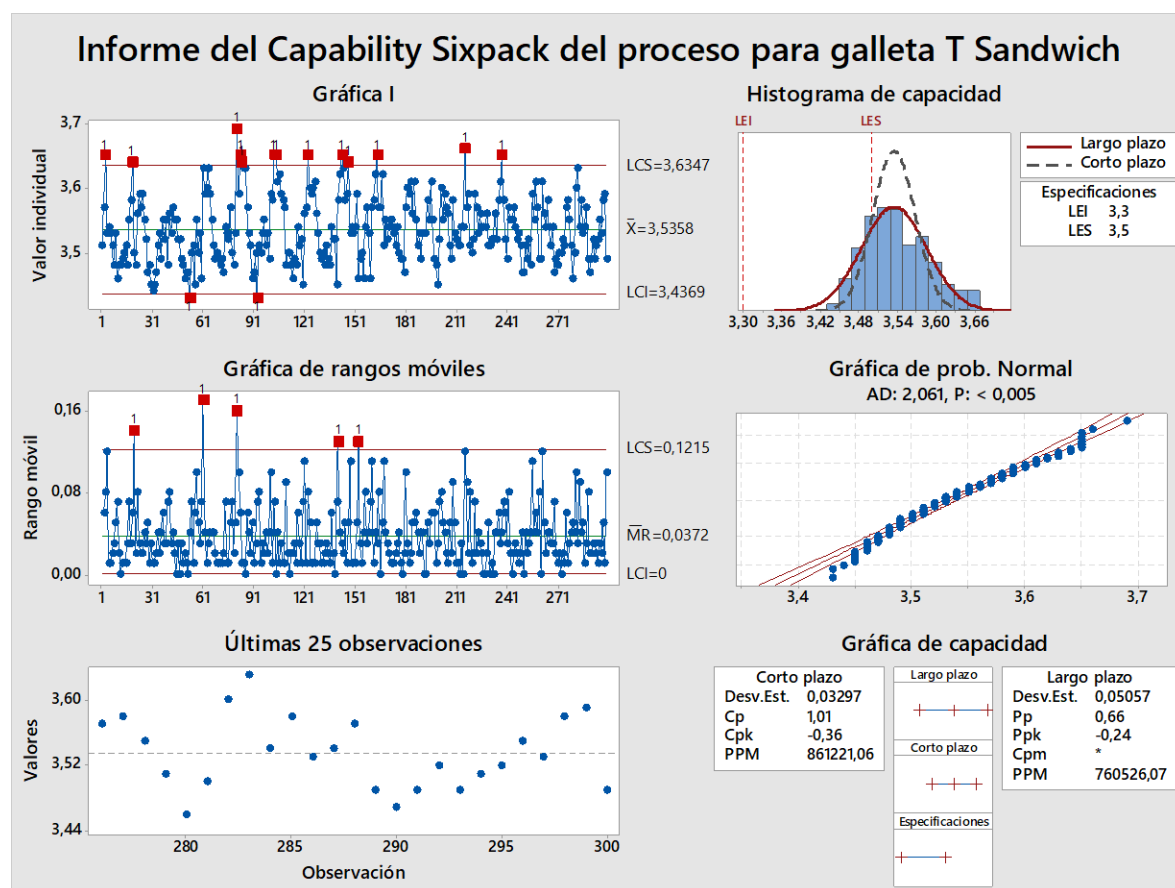
*Muestreo de galletas por anillo de los rodillos estampo*

| Muestreo de 2-26 de junio |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| 3,51                      | 3,57 | 3,60 | 3,53 | 3,54 | 3,53 | 3,51 | 3,48 | 3,53 | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,49 | 3,1  | 3,5  | 3,48 | 3,51 | 3,51 | 3,6  | 3,1  |
| 3,48                      | 3,54 | 3,55 | 3,57 | 3,55 | 3,55 | 3,53 | 3,47 | 3,48 | 3,45 | 3,44 | 3,44 | 3,41 | 3,5  | 3,45 | 3,45 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,56                      | 3,53 | 3,57 | 3,55 | 3,55 | 3,54 | 3,53 | 3,48 | 3,48 | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,41 | 3,1  | 3,5  | 3,45 | 3,51 | 3,1  | 3,51 | 3,44 |
| 3,63                      | 3,55 | 3,60 | 3,63 | 3,55 | 3,54 | 3,51 | 3,45 | 3,50 | 3,45 | 3,44 | 3,44 | 3,41 | 3,5  | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,1  | 3,44 | 3,51 |
| 3,65                      | 3,55 | 3,65 | 3,64 | 3,63 | 3,63 | 3,57 | 3,53 | 3,51 | 3,46 | 3,44 | 3,1  | 3,44 | 3,51 | 3,1  | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,55                      | 3,56 | 3,60 | 3,60 | 3,61 | 3,62 | 3,55 | 3,55 | 3,57 | 3,46 | 3,50 | 3,1  | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,48 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,56                      | 3,57 | 3,60 | 3,60 | 3,55 | 3,60 | 3,61 | 3,56 | 3,53 | 3,50 | 3,44 | 3,1  | 3,44 | 3,51 | 3,44 | 3,48 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,56                      | 3,60 | 3,60 | 3,60 | 3,58 | 3,55 | 3,64 | 3,53 | 3,54 | 3,53 | 3,50 | 3,51 | 3,44 | 3,1  | 3,44 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,57                      | 3,58 | 3,60 | 3,60 | 3,57 | 3,57 | 3,62 | 3,51 | 3,55 | 3,52 | 3,50 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,1  | 3,44 | 3,44 | 3,44 |
| 3,57                      | 3,60 | 3,55 | 3,61 | 3,56 | 3,61 | 3,55 | 3,51 | 3,53 | 3,45 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,61 | 3,51 | 3,44 | 3,44 | 3,44 |
| 3,52                      | 3,60 | 3,55 | 3,55 | 3,57 | 3,56 | 3,51 | 3,45 | 3,58 | 3,53 | 3,50 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,66 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,1  |
| 3,52                      | 3,55 | 3,57 | 3,53 | 3,56 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,56 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,58 | 3,61 | 3,61 | 3,51 | 3,51 |
| 3,45                      | 3,57 | 3,55 | 3,55 | 3,57 | 3,54 | 3,52 | 3,53 | 3,51 | 3,47 | 3,47 | 3,47 | 3,51 | 3,44 | 3,44 | 3,55 | 3,51 | 3,61 | 3,51 | 3,44 |
| 3,45                      | 3,61 | 3,54 | 3,54 | 3,58 | 3,54 | 3,51 | 3,54 | 3,47 | 3,45 | 3,44 | 3,1  | 3,1  | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |
| 3,50                      | 3,60 | 3,60 | 3,54 | 3,58 | 3,53 | 3,54 | 3,57 | 3,45 | 3,47 | 3,44 | 3,51 | 3,44 | 3,51 | 3,51 | 3,55 | 3,51 | 3,51 | 3,51 | 3,44 |

Nota: La tabla muestra las mediciones de peso durante la fase de laminación de una galleta tipo sándwich. Este muestreo tiene como objetivo validar la variabilidad en el peso de las galletas producidas. El rodillo estampador utilizado en el proceso de laminación está compuesto por 20 anillos, y cada anillo contiene 15 estampas. En la tabla, las columnas numeradas del 1 al 20 representan cada uno de los anillos del rodillo, mientras que las filas de cada columna representan las 15 estampas asociadas a cada anillo. La recolección de estos datos permite identificar la variabilidad en el peso de las galletas producidas en diferentes partes del rodillo estampador y así evaluar la consistencia del proceso de laminación. Esto es crucial para asegurar la calidad y uniformidad del producto final. Elaboración propia.

Figura 28.

Capacidad de proceso para la galleta tipo sándwich obtenida con Q-STAT



*Nota:* La imagen muestra un "Informe del Capability Sixpack del proceso para galleta T Sandwich". Este informe incluye varias gráficas y estadísticas que permiten analizar la capacidad del proceso de producción de las galletas. Elaboración propia.

A continuación, se presenta un análisis detallado de la capacidad del proceso a corto y largo plazo:

### **Gráfica I (Valor individual):**

Esta gráfica muestra los valores individuales de las mediciones del proceso a lo largo del tiempo.

Los límites de control superior (LCS) y de control inferior (LCI) son 3.6347 y 3.4369, respectivamente.

La media ( $\bar{X}$ ) es 3.5358

***Gráfica de rangos móviles:***

Esta gráfica muestra los rangos móviles de las mediciones.

El límite de control superior (LCS) es 0.1215

La media del rango móvil (MR) es 0.0372

***Histograma de capacidad:***

El histograma muestra la distribución de las mediciones del proceso.

Las especificaciones son Límite de Especificación Inferior (LEI) = 3.3 y Límite de Especificación Superior (LES) = 3.5

Se presentan dos curvas: una para el largo plazo y otra para el corto plazo.

***Gráfica de probabilidad Normal:***

Esta gráfica muestra la probabilidad normal de las mediciones.

El valor de AD es 2.061 y el valor de P es  $< 0.005$ , lo que indica que los datos no siguen una distribución normal.

***Gráfica de capacidad:***

Se presentan las estadísticas de capacidad del proceso tanto a corto como a largo plazo.

Corto plazo:

Desviación estándar: 0.03297

Cp: 1.01

Cpk: -0.36

PPM: 861221.06

Largo plazo:

Desviación estándar: 0.05057

Pp: 0.66

Ppk: -0.24

PPM: 760526.07

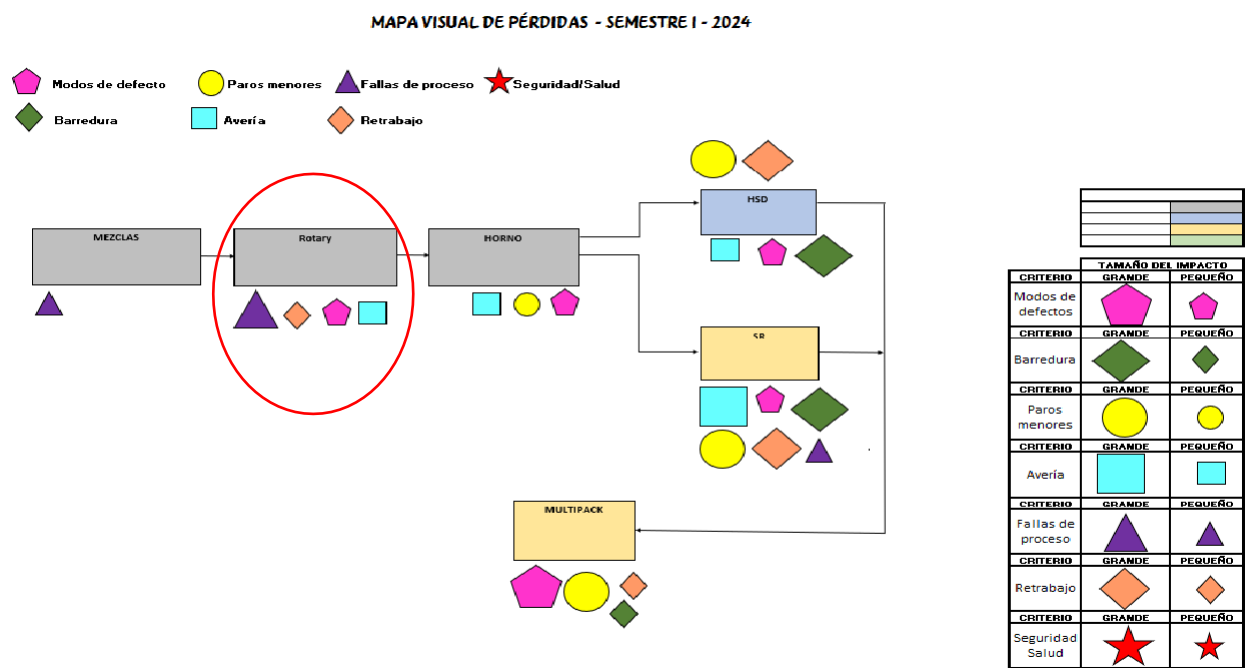
En resumen, el análisis de capacidad del proceso muestra que el proceso tiene una capacidad limitada tanto a corto como a largo plazo, con valores de Cpk y Ppk negativos, lo que indica que el proceso no está centrado dentro de los límites de especificación. Además, los altos valores de PPM sugieren que una gran cantidad de productos no cumplen con las especificaciones.

## Resultados

### Elaboración del Mapa Visual de Pérdidas

Figura 29.

Mapa visual de pérdidas para la línea de producción de galletas tipo sandwich



Nota: La imagen es un mapa visual de pérdidas para el primer semestre de 2024. Muestra diversas máquinas de una línea de producción, entre ellas: MEZCLAS, Rotary, HORNO, HSD, SR y MULTIPACK. Cada tipo de pérdida está representado por un símbolo y color específico, según se indica en la leyenda a la derecha del mapa. Los tipos de pérdidas incluyen modos de defecto, paros menores, fallas de proceso, seguridad/salud, barredura, avería y retrabajo. La leyenda también clasifica el tamaño del impacto de cada pérdida como grande o pequeño.

Elaboración propia.

Aunque la máquina SR registra la mayor cantidad de pérdidas, los esfuerzos se centrarán en la máquina Rotary. Esto se debe a que las fallas de proceso en la Rotary están directamente relacionadas con problemas de sobredosificación en la línea de producción para galletas tipo

sándwich. Este enfoque es crucial para abordar y mitigar los problemas que afectan la eficiencia y calidad del proceso productivo.

### Figura 30.

*Tabla de listado de eventos de la línea de producción.*

| Original Li | Original Equipment                 | Categoría original      | Sub categoría original | Duración (s) | Duración (min) | Comentario                       |
|-------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG HSD 074977          | Paradas no planificadas | Paros menores          | 240          | 4,00           | [Atasco de galleta en canales]   |
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG HSD 074977          | Paradas no planificadas | Paros menores          | 240          | 4,00           | [Atasco de galleta en canales]   |
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG HSD 074977          | Paradas no planificadas | Paros menores          | 180          | 3,00           | [Atasco de paquetes en banda ZW] |
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG SR 095255           | Paradas no planificadas | Paros menores          | 72           | 1,20           | [Empalmes fallidos]              |
| EMPMAQL1    | Empacadora Multipack SIG SB 095309 | Paradas no planificadas | Paros menores          | 600          | 10,00          | Espera de producto               |
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG HSD 074977          | Paradas no planificadas | Paros menores          | 360          | 6,00           | [Atasco de paquetes en banda ZW] |
| EMPMAQL1    | Empacadora SIG HSD 074977          | Paradas no planificadas | Paros menores          | 300          | 5,00           | [Atasco de galleta en canales]   |

*Nota:* Esta tabla permite identificar y analizar los eventos que causan interrupciones en la producción, facilitando la creación del mapa visual de pérdidas. Elaboración propia.

La línea de producción de galletas tipo sándwich se compone de varias etapas. El proceso comienza con la fase de mezclado, donde se preparan las masas. A continuación, en el área de laminación, un sistema de rodillos tipo Rotary forma las galletas.

El siguiente paso es el horneado, donde se aplica calor a las galletas para extraer un porcentaje de humedad, contribuyendo así a su desarrollo. Posteriormente, las galletas son transportadas por una serie de bandas para que se enfríen antes de llegar a la zona de empaque.

Finalmente, las galletas se ensamblan como sándwiches con crema y se empaican mediante dos máquinas: HSD y SR. En la última etapa del proceso, los paquetes individuales son agrupados en paquetes de ocho, por una máquina multipack.

En la elaboración del mapa visual de pérdidas se determinó que las máquinas críticas son las del área de empaque final (HSD y SR), ya que existe una serie de factores que incrementan significativamente las pérdidas. A continuación, se mencionan dichos factores:

Paros menores: alta cantidad de paradas menores a 10 minutos a causa de pequeñas fallas en los sistemas de los equipos.

Averías: alta cantidad de paradas que superan la barrera de los 10 minutos a causa de fallas complejas que ocurren y que toman largos lapsos de tiempo para una solución.

Retrabajo: alta cantidad de la generación de retrabajo debido a fallas del proceso.

Barredura o desperdicios: alta cantidad generada de barredura debido a fallas del proceso.

Cabe resaltar que la clasificación de esta pérdida es porque el producto tiene contacto directamente con áreas contaminadas y por lo tanto se clasifica como desperdicios o barreduras.

Sin embargo, en la fase de Rotary (proceso de laminado y formado de la galleta mediante una serie de rodillos) se evidencia una pérdida grande por fallas del proceso, debido a las variaciones que ocurren en el producto. En esta fase se puede evidenciar las situaciones que desencadenan los problemas de sobredosificación, situación que se refleja en la zona de empaque donde se entregan productos con pesos muy elevados en comparación con lo que se declara en el peso neto del paquete.

## Elaboración del Principio de Operación

Figura 31.

*Depositado de Crema.*

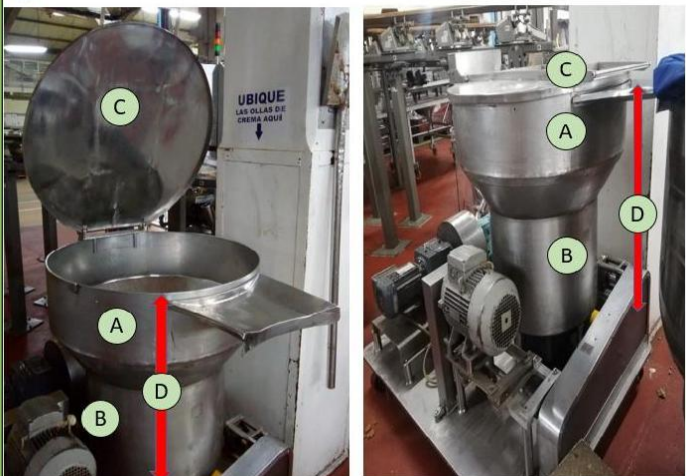
| Principio de Operación PETER (HSD)                                       |   |  |
|--|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sandwich |   |  |
| 1  | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación   |
|  |  | <p>1</p> <p>La crema es depositada en la olla cremadora</p> <p>↓</p>   |
|  |   | <p>Condiciones requeridas de Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Diámetro Superior: 77,1 cm</li> <li>(B) Diámetro Inferior: 55 cm</li> <li>(C) Diámetro de la tapa: 82 cm</li> <li>• Capacidad Máxima de la olla: 237 kg</li> <li>• Nivel mínimo recomendado: 118 kg</li> <li>• Profundidad de la olla: 76 cm</li> <li>• Material de acero inoxidable</li> <li>• Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> </ul> |

Figura 32.

*Movimiento de Agitador*

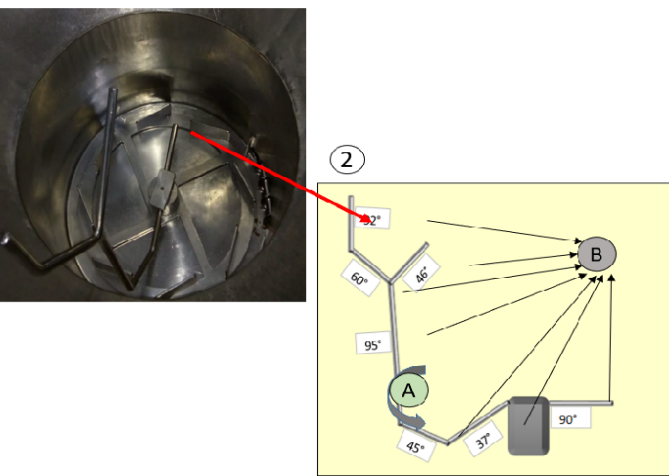
| Principio de Operación PETER (HSD)                                       |   |  |
|--|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sandwich |   |  |
| 2  | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación   |
|  |  | <p>2</p> <p>La crema es movilizada continuamente por un brazo agitador que garantiza que la crema no se atasque en las paredes de la olla.</p> <p>↓</p>  |
|  |   | <p>Condiciones requeridas de Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(A) Sentido del giro debe de ser contrario a las manecillas del reloj</li> <li>• Longitud total del brazo agitador: 121 cm</li> <li>• Diámetro: 16 mm</li> <li>• Ángulos de inclinación: (B)</li> <li>• Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Material de acero inoxidable</li> </ul> |

Figura 33.

## Desplazamiento de la Crema

| Principio de Operación PETTER (HSD)                                      |                      |   |   |
|--|----------------------|---|---|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich |                      |   |   |
| 3  | Dibujos esquemáticos | Secuencia Ideal de Operación                                      | Condiciones requeridas de Proceso   |
|  |                      | <p>La crema es desplazada continuamente por un disco agitador</p> | <p>(A) Sentido del giro debe de ser contrario a las manecillas del reloj.</p> <p>(B) El disco agitador se compone de 8 paletas que garantizan un flujo de crema constante hacia el tornillo sin fin. Las paletas cumplen con las siguientes especificaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura: 5,7 cm</li> <li>• Longitud: 11,2 cm</li> <li>(E) Diámetro: 5,2 mm</li> <li>(E) Diámetro total del disco: 47,3 cm.</li> <li>(C) Posición del asa: desviación horizontal de 95° apuntando hacia afuera, acorde al sentido de giro del disco.</li> <li>(D) • Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Material de acero inoxidable</li> </ul> |

Figura 34.

## Transporte por el Tornillo Sin-fin

| Principio de Operación PETTER HSD  |                      |   |  |
|--|----------------------|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich |                      |   |  |
| 4  | Dibujos esquemáticos | Secuencia Ideal de Operación                            | Condiciones requeridas de Proceso  |
|  |                      | <p>La crema es transportada por un tornillo sin fin</p> | <p>(A) Longitud del tornillo sin fin: 27,6 cm</p> <p>Número de hélices: 6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad del asa : 12 mm</li> <li>• Diámetro del tornillo sin fin: 21 mm</li> <li>• Material de acero inoxidable</li> </ul> <p>(B) El tornillo sin fin cuenta con un buje de alineación en teflón que debe cumplir las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro: 37 mm</li> <li>• Longitud: 10 cm</li> </ul> |

Figura 35.

## Entrega a la Bomba

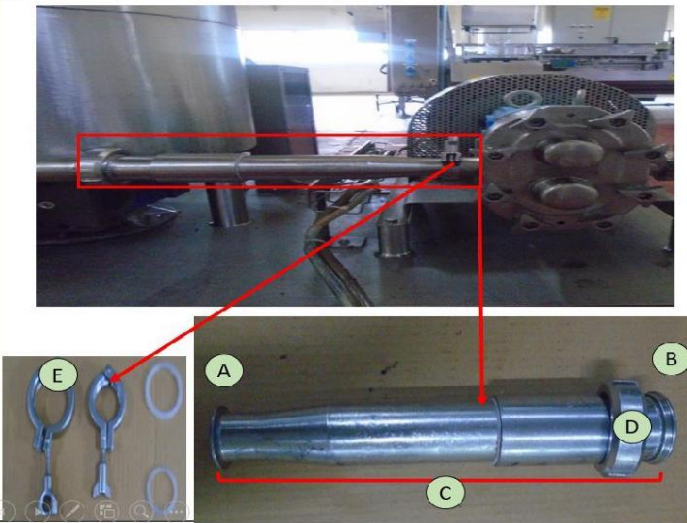
| Principio de Operación PETTER HSD  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sandwich |   |  |  |
| 5  | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación   | Condiciones requeridas de Proceso  |
|  |  | <p>5</p> <p>La crema es transportada por una tubería que le recibe al tornillo sin fin y le entrega a la bomba</p> | <p>A Diámetro de salida: 38 mm<br/>           B Diámetro de entrada: 34 mm<br/>           C Longitud: 33,8 cm<br/>           Material de acero inoxidable.<br/>           • Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</p> <p>El tubo cuenta con una unión telescópica con<br/>           D Tuerca de sujeción a la olla<br/>           E Triclan a la bomba<br/>           Ambas son de material en acero inoxidable</p> |

Figura 36.

## Ingreso a la Bomba

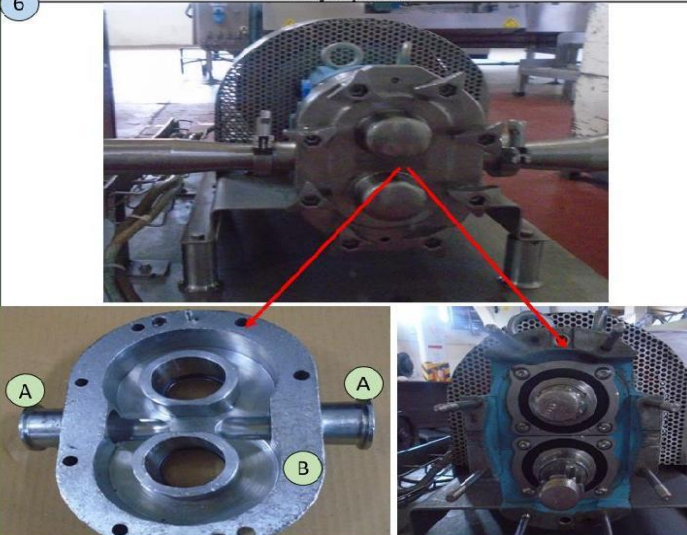
| Principio de Operación PETTER HSD  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sandwich |   |   |  |
| 6  | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación                  | Condiciones requeridas de Proceso  |
|  |  | <p>6</p> <p>La crema ingresa a una bomba.</p> | <p>A La coraza es la que aloja los lóbulos,<br/>           Diámetro de entrada y de salida de la coraza: 34,5 mm.<br/>           • Material de acero inoxidable<br/>           • Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</p> |

Figura 37.

Funcionamiento de la Bomba.

| Principio de Operación PETTER HSD  |   |   |
|--|---|---|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich |   |   |
| Dibujo esquemático   | Secuencia Ideal de Operación  | Condiciones requeridas de Proceso   |
| <p>7</p>   | <p>7</p> <p>La crema es impulsada en la parte interna de la bomba por un par de lóbulos</p> | <p>Consta de dos lóbulos (superior e inferior) que van encajados de manera precisa, la cual garantiza que se pueda impulsar la crema correctamente.</p> <p><b>A</b> Número de crestas del estriado : 11 con la ranura de encaje.</p> <p><b>B</b> Como parte de una condición esencial se cuenta con dos retenedores en la carcasa que garantizan un sello adecuado entre la carcasa y el eje de la bomba.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material del O-ring o retenedor: viton de grado alimenticio</li> <li>Diámetro: 47 mm.</li> </ul> |

Figura 38.

Partes de la bomba

| Principio de Operación PETTER HSD  |   |  |
|--|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich   |   |  |
| Dibujo esquemático   | Secuencia Ideal de Operación  | Condiciones requeridas de Proceso  |
| <p>8</p> <p><b>A</b> <b>B</b> <b>C</b></p> <p><b>D</b> O-ring <b>E</b></p> | <p>8</p> <p>La crema es impulsada en la parte interna de la bomba por un par de lóbulos</p> | <p>Para garantizar un proceso ideal de operación se deben cumplir con las siguientes características</p> <p>Debe cumplirse la secuencia de armado de la carcasa y los lóbulos.</p> <p><b>A</b> Poner adecuadamente la carcasa en la bomba.</p> <p><b>B</b> Poner de una forma precisa y al tiempo ambos lóbulos, de tal manera que encajen correctamente en la carcasa.</p> <p><b>C</b> Ajustar los lóbulos con las tuercas de sujeción</p> <p><b>D</b> Poner adecuadamente la tapa de la carcasa asegurándose de que tenga el o-ring</p> <p><b>E</b> Ajustar la tapa de la carcasa con las chapolas</p> |

Figura 39.

## Transporte de la Crema

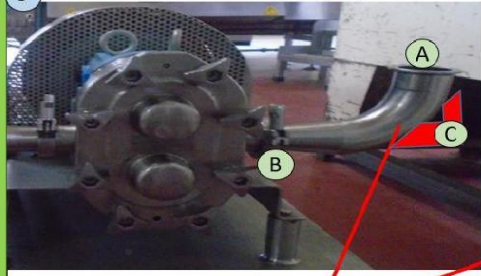
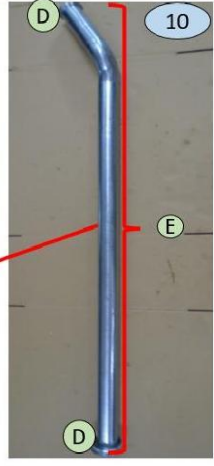
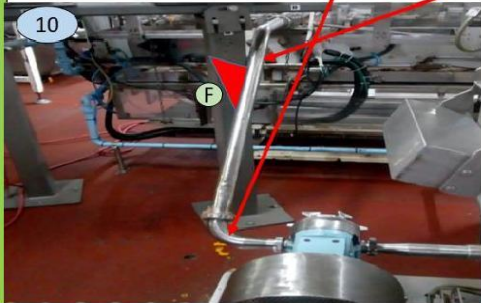

| Principio de Operación PETTER HSD   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich.         |   |  |  |
| 9   | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación   | Condiciones requeridas de Proceso  |
|  |  | <p>9</p> <p>La crema es transportada por un codo de tubería que le recibe a la bomba.</p>                        | <p>Para garantizar un proceso ideal de operación se deben cumplir con las siguientes características del codo de la tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Diámetro de salida: 47,6 mm</li> <li>B Diámetro de entrada: 34,4 mm</li> <li>C Angulo de inclinación de 90°</li> <li>Material en acero inoxidable</li> <li>Ajustado a la bomba con tridán</li> <li>• Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> </ul>          |
|  |  | <p>10</p> <p>La crema es transportada por una tubería que le recibe al codo y le hace entrega al estarcidor.</p> | <p>Para garantizar un proceso ideal de operación se deben cumplir con las siguientes características de la tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>D Diámetro de entrada y de salida de: 47 mm</li> <li>E Longitud: 133 cm</li> <li>F Inclinación: 40°</li> <li>Material de acero inoxidable.</li> <li>G Ajustado al codo y al estarcidor con tuerca de sujeción</li> <li>• Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup> - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> </ul> |

Figura 40.

## Ingreso al Estarcidor


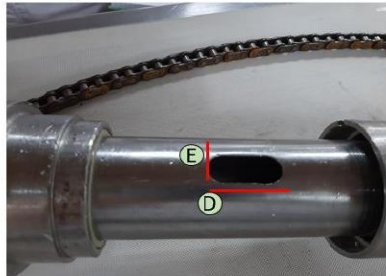
| Principio de Operación PETTER HSD   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich.           |   |   |  |
| 11  | Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación  | Condiciones requeridas de Proceso  |
|  |  | <p>11</p> <p>La crema ingresa por la parte interna del estarcidor</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>B Longitud: 64,7 cm</li> <li>A Diámetro de entrada: 40,7 mm</li> <li>C Diámetro de salida: 40,21 mm</li> <li>D Longitud del orificio: 32 mm</li> <li>E Ancho orificio interno: 10,7 mm</li> </ul> |
|  |   |   |  |

Figura 41.

## Inyección de la Crema

| Principio de Operación PETER HSD   |   |  |
|--|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich |   |  |
| Dibujo esquemático   | Secuencia Ideal de Operación  | Condiciones requeridas de Proceso  |
| <p>12</p>  | <p>12</p> <p>La crema es inyectada por los orificios del estarcidor</p> | <p>A Longitud de la primera parte del estarcidor: 10 cm</p> <p>B Longitud de la segunda parte del estarcidor: 23 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud de la tercera parte del estarcidor: 12 cm</li> </ul> <p>C Diámetro de los acoples de las partes del estarcidor: 5,7 cm</p> <p>D Empaques de 7,6 mm de diámetro entre los acoples.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de orificios en la segunda parte del estarcidor: 6</li> </ul> <p>E Diámetro de los orificios de inyección de la crema: 22,82 mm</p> <p>F Diámetro del eje interno del orificio: 9,4 mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso específico de la crema: 0,92 g/cm<sup>3</sup>. - 1,25 g/cm<sup>3</sup>.</li> </ul> |


Figura 42.

## Bloqueo de Cuchilla.

| Principio de Operación PETER HSD   |   |  |
|--|---|--|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich |   |  |
| Dibujo esquemático   | Secuencia Ideal de Operación  | Condiciones requeridas de Proceso  |
| <p>13</p>  | <p>13</p> <p>La crema es bloqueada en el estarcidor por una cuchilla cuando la maquina se detiene</p> | <p>A Longitud de la cuchilla: 40 cm</p> <p>B Longitud de la cuchilla: 18 cm</p> <p>C Ancho: 3,5 cm semicurvo</p> |

Figura 43.

## Corte de la Crema

| Principio de Operación PETTER HSD   |  |   |
|---|--|---|
| Descripción del Principio de Operación referencias galleta tipo sándwich                    |  |   |
| Dibujo esquemático  | Secuencia Ideal de Operación   | Condiciones requeridas de Proceso   |
| <p>14</p>  | <p>14</p> <p>La crema es cortada por un alambre de corte al momento de ser depositada sobre la galleta</p> | <p>Material del alambre: <b>Acero inoxidable</b><br/> Longitud del alambre: <b>78,6 mm</b><br/> Diámetro del alambre: <b>1,6 mm</b></p> |

*Nota:* El sistema de depositado de crema está diseñado para aplicarla de manera uniforme sobre las galletas tipo sándwich. Este sistema consta de varios componentes clave que aseguran la precisión y eficiencia del proceso. El objetivo principal de establecer este principio de operación es restaurar las condiciones básicas del sistema y trabajar bajo parámetros estandarizados. Esto no solo garantiza la calidad del producto final, sino que también mejora la eficiencia del proceso y reduce desperdicios. Elaboración propia.

La creación del principio de operación se realiza con el fin de conocer el funcionamiento ideal de la relación entre el componente y el producto y, así mismo, identificar las características cuantitativas y cualitativas. Para este caso se creó el principio de operación del sistema de alimentación de crema de la máquina de empaque para la galleta tipo sándwich. Gracias a la información recolectada se logró identificar ciertas falencias que influían en la sobredosificación del producto:

Se identifica la necesidad de crear un método para el seguimiento de las características cualitativas de la crema para la galleta tipo sándwich, con el fin de que la relación componente - producto en el sistema de alimentación de la crema sea buena.

Se identifica la necesidad de crear un estándar operativo para la elaboración de la crema, con el fin de brindar una mayor estabilidad en los procesos posteriores y que se pueda cumplir con las características requeridas del producto.

Los principios de operación buscan una restauración de las condiciones básicas en los sistemas de los equipos y así mismo mejorar los procesos para que los semielaborados cumplan con unas condiciones ideales en la relación componente - producto, buscando estabilidad y reduciendo los problemas imprevistos como paradas, desviaciones de calidad y pérdidas por sobredosisificación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos documentos deben ser actualizados cada vez que exista una modificación en algún sistema del equipo o modificación en las características del producto. Es importante tener la consideración por parte del departamento técnico, el departamento de calidad, el departamento de seguridad y el departamento de producción, con el fin de alcanzar un punto de equilibrio en la información, donde no se entre en conflicto con ninguna de las áreas ya mencionadas.



Figura 46.

## Etapa 3 Elaboración de Crema

| Diagrama de trabajo estándar              |                |             |   |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  | Línea | Sector     | Puesto                  | Producto o actividad |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|----------------|-------------|---|------------------------|--|--|---------------------------|--|--|--|--|--|--|-------|------------|-------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   |                |             |   |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  | Uno   | Galletería | Cremerol aux. de cremas | Fabricación crema    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Equipo de protección personal o colectivo |                |             |   |                        |  |  | Dispositivos/Herramientas |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1   | 2              | 3           | 4   | 5                      | 6  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Botas con puntera de seguridad            | Prot. auditiva | Monogafas   | Tapabocas N° 35                               | Guantes de polietileno | Mascarilla Full face media cara con filtro para polvos finos |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11  |                | 3 minutos   | Adicionar grasa hidrogenada.                  |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12  |                | 10 segundos | Adicionar esencia y sal.                      |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13  |                | 2,6 minutos | Adicionar oleina y azúcar. En el sistema OGA. |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14  |                | 15 segundos | Adicionar borracho de cacao + panela          |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15  |                | 10 segundos | Adicionar malta.                              |                        |  |  |                           |  |  |  |  |  |  |       |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| N°  |                |             |   |                        |  |  | N°                        |  |  |  |  |  |  | N°    |            |                         |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figura 47.

## Etapa 4 Elaboración de Crema

|                     |                          |                       |  |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|--|-------------------|----------------------------|--|-----------|---|---|---|------------|--|----|---|---------|-----|----------------|--|----|---|---|---|---|--|----|---|---|---|--|
| 16                  |                          | 1 minuto              | Adicionar glucosa deshidratada.  |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 17                  |                          | 2 minutos             | Iniciar tiempo de primera fase de la mezcla 90 S, simultáneamente realizar las 5 S y acercar suero dulce (35 kg) y glucosa (4 kg). Velocidad aspas 110 vps y velocidad raspador 22 vps |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 18                  |                          | 10 seg                | Adicionar suero dulce.   |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 19                  |                          | 10 seg                | Adicionar glucosa (14kg)   |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 20                  |                          | 1,5 minutos           | Iniciar tiempo de segunda fase de la mezcla. Simultáneamente realizar 5S.  |                   |                            |  |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| N°                  | 1                        | 2                     | 3  | 6                 |                            |  | N°        | 1 | 2 | 3 | 4          |  | N° | 1 | 2       | 3   | 6              |  | N° | 1 | 2 | 3 | 4 |  | N° | 1 | 2 | 3 |  |
| Linea de Emergencia | Inspección Seg. Alimento | Inspección de calidad | Medio Ambiente   | Seguridad trabajo | Tiempo parcial Ciclo (seg) | Procedimiento de alerta (¿Qué hago si necesito ayuda?) |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 4119                |                          |                       |  |                   | 522                        | Seguir las indicaciones del QMS                        |           |   |   |   |            |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| N° Documento        | Revisión                 | Fecha                 | Modificación   |                   |                            |  | Impresión |   |   |   | Aprobación |  |    |   |         |     |                |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |
| 1                   |                          |                       |  |                   |                            |  |           |   |   |   | Emisor     |  |    |   | Calidad | SHE | Gestor de Área |  |    |   |   |   |   |  |    |   |   |   |  |

Figura 48.

## Etapa 5 Elaboración de Crema.

| Diagrama de trabajo estándar              |  |            |                |   |   |                           |   |          |    |  |           | Línea | Sector     | Puesto                   | Producto o Actividad |  |  |  |  |
|---|--|------------|----------------|---|---|---------------------------|---|----------|----|--|-----------|-------|------------|--------------------------|----------------------|--|--|--|--|
|   |  |            |                |   |   |                           |   |          |    |  |           | Uno   | Galletería | Cremero / aux. de cremas | Fabricación crema    |  |  |  |  |
| Equipo de protección personal o colectivo |  |            |                |   |   | Dispositivos/Herramientas |   |          |    |  |           |       |            |                          |                      |  |  |  |  |
| 1   | 2  | 3          | 4              | 5   | 6   |                           |   |          |    |  |           |       |            |                          |                      |  |  |  |  |
| Botas con puntera de seguridad            | Protección auditiva  | Monogafas  | Tapabocas N-95 | Guantes de polipiretano                     | Mascara Full face media cara con filtro para polvos finos |                           |   |          |    |  |           |       |            |                          |                      |  |  |  |  |
| 21  |  | 6 segundos | 22             |   | 15 segundos   | 23                        |   | 1 minuto | 24 |  | 5 minutos | 25    |            |                          |                      |  |  |  |  |
|   | Verificar aspecto de crema terminada (color y textura consistente) |            |                | Limpieza de espas y desinfección de la olla |   |                           | Tapar olla y asegurarla en el gato eléctrico. |          |    | Transportar olla en el gato eléctrico, hasta la zona de empaque para alimentar las ollas cremadoras. |           |       |            |                          |                      |  |  |  |  |
| N°  |  |            |                |   |   | N°                        |   |          |    |  |           |       |            |                          |                      |  |  |  |  |

*Nota:* Las etapas muestran un estándar para la elaboración de cremas para galletas tipo sándwich, lo cual es crucial para la estabilización del proceso de producción. Este estándar detalla los ingredientes, las cantidades y los procedimientos necesarios para asegurar que la crema se produzca de manera consistente y con la calidad requerida. Elaboración propia.

La creación del estándar de procesos para el área donde se fabrican las cremas es importante, ya que ayuda a tener una estabilización en las características del semielaborado. A causa de la creación del estándar, también surgieron condiciones a mejorar:

Garantizar las condiciones adecuadas de las materias primas para que no afecten negativamente el proceso de la elaboración de las cremas.

Medición cuantitativa de la densidad de la crema que da garantía para el buen funcionamiento de los equipos en las máquinas de los procesos posteriores. Si la crema es muy densa, ocurre atascamiento en la máquina dosificadora de crema y si no tiene la densidad suficiente, incurre en la sobredosificación y adherencia de la crema en varias partes internas del equipo.

Para esta medición se usa la siguiente ecuación:

$$d = \frac{(\text{Peso de vaso lleno} - \text{peso de vaso vacío})}{\text{Volumen del vaso}}$$

Peso lleno: resultado del vaso lleno Peso vacío: peso del recipiente (217,6 g)

Límites establecidos:

Límite inferior: 0,92 g/cm<sup>3</sup>

Límite superior: 1,25 g/cm<sup>3</sup>

Se determina el límite superior e inferior en la densidad para la crema de la galleta tipo sándwich que garantiza un buen funcionamiento de los equipos y cumple con las condiciones de calidad para el producto final. Al controlar estas variables se puede dar garantía del proceso posterior, cerrando así un plan de acción levantado en la elaboración del principio de operación.

Por parte del equipo, para garantizar la sostenibilidad, se realiza acompañamiento periódico para seguir paso a paso las actividades en el área de elaboración de cremas y así compararlo con el descrito en el estándar. En el caso de encontrar alguna desviación en las tareas, se procede a realizar la retroalimentación para impedir que el proceso se salga de control.

## Estandarización de Procesos en el Área de Creación de Mezclas

Figura 49.

### Etapa 1 Elaboración de Masas.

| Diagrama de trabajo estándar (cremaje)   |                     |       |             |  |                        |  |             |        |                | Linea | Área    | Cargo     | Producto o actividad |
|--|---------------------|-------|-------------|--|------------------------|--|-------------|--------|----------------|-------|---------|-----------|----------------------|
|  |                     |       |             |  |                        |  |             |        |                | Uno   | Mezclas | Mezclador | Fabricación masa     |
| Elementos de protección personal (EPP) necesarios  |                     |       |             |  | Herramientas y equipos |  |             |        |                |       |         |           |                      |
|  |                     |       |             |  |                        |  |             |        |                |       |         |           |                      |
| Bota con puntera   | Protección auditiva | gafas | Tapa bocas  |  |                        |  |             | Vacuum | Jarra plástica |       |         |           |                      |
| <b>1</b>   |                     |       | <b>2</b>    |  | <b>3</b>               |  | <b>4</b>    |        | <b>5</b>       |       |         |           |                      |
|  | 15 segundos         |       | 10 segundos |  | 10 segundos            |  | 30 segundos |        | 10 segundos    |       |         |           |                      |
| <p>Verificar que las camisas de enfriamiento de la mezcladora se encuentren abiertas y el sistema se encuentre funcionando correctamente.</p> <p>Ingresar la OP correspondiente a la receta de galleta y verificar que corresponda a la receta.</p> <p>Si es necesario, realizar los cambios en los valores de la adición de agua en la receta, según sea la necesidad.</p> <p>Adicionar la malta en la premezcladora. Dejar los baldes de malta en posición vertical hasta que escura en su totalidad. (dejar aprox 10 min escurriendo)</p> <p>Adicionar la jarra de lecitina en la premezcladora</p> |                     |       |             |  |                        |  |             |        |                |       |         |           |                      |
| N°   |                     |       |             |  |                        |  |             |        |                |       |         |           |                      |

Figura 50.

### Etapa 2 Elaboración de Masas

|   |                      |              |                                |       |                 |  |             |         |             |         |  |  |  |
|---|----------------------|--------------|--------------------------------|-------|-----------------|--|-------------|---------|-------------|---------|--|--|--|
| <b>6</b>  |                      |              | <b>7</b>                       |       | <b>8</b>        |  | <b>9</b>    |         | <b>10</b>   |         |  |  |  |
|   | 25 segundos          |              | 40 segundos                    |       | 66 segundos     |  | 90 segundos |         | 67 segundos |         |  |  |  |
| <p>Retirar los baldes de malta y adicionar la panela en polvo y los ingredientes (sal, soda, amonio y esencia de vainilla)</p> <p>Solicitar la cantidad de agua desde el tablero.</p> <p>Verificar cantidad de agua y adicionar azúcar en grano con ayuda del elevador de carga (vacuum) en la premezcladora.</p> <p>Bajar la tapa de la premezcladora y accionar el primer tiempo de mezcla.</p> <p>Adicionar azúcar pulverizada en la premezcladora</p> |                      |              |                                |       |                 |  |             |         |             |         |  |  |  |
| N°  |                      |              |                                |       |                 |  |             |         |             |         |  |  |  |
| # De Emer.  | Inspección necesaria | Monitoreo de | Medio Ambiente                 | Salud | Tiempo de Ciclo | Procedimiento de alerta (Qué hacer si necesito ayuda?) |             |         |             |         |  |  |  |
|   |                      |              |                                |       |                 |  |             |         |             |         |  |  |  |
| # Documento   | Revisado             | Fecha        | Descripción de la modificación |       |                 | Copias   | Aprobador   |         |             |         |  |  |  |
|   |                      |              |                                |       |                 |  | Creador     | Calidad | SHE         | Gerente |  |  |  |

Figura 51.

Etapa 3 Elaboración de Masas.

| Diagrama de trabajo estándar (cremaje)            |   |  |   |   |  |  |  |  |  | Linea                  | Area    | Cargo     | Producto o actividad |
|---|---|--|---|---|--|--|--|--|--|------------------------|---------|-----------|----------------------|
|   |   |  |   |   |  |  |  |  |  | Uno                    | Mezclas | Mezclador | Fabricación masa     |
| Elementos de protección personal (EPP) necesarios |   |  |   |   |  |  |  |  |  | Herramientas y equipos |         |           |                      |
|   |   |  |   |   |  |  |  |  |  |                        |         |           |                      |
| Bota con puntera de seguridad                     | Prot auditiva copa  | Gafas                                      | Tapa bocas  |   |  |  |  |  |  | Jarra plástica         |         |           |                      |
| <b>11</b><br>                                     | <b>12</b><br>   | <b>13</b><br>                              | <b>14</b><br>   | <b>15</b><br>   |  |  |  |  |  |                        |         |           |                      |
| 10 segundos                                       | 67 segundos   | 25 segundos                                | 90 segundos   | 15 segundos   |  |  |  |  |  |                        |         |           |                      |
| Adicionar el color caramelo en la premezcladora   | Bajar la tapa de la premezcladora y solicitar la descarga de oleina en la premezcladora | Verificar el peso en el tablero principal. | Accionar el segundo tiempo de mezcla, en este paso el cremaje queda listo para transportar a la mezcladora. | Controlar la generación de residuos llevando las bolsas plasticas y de papel a su respectivo color de coche |  |  |  |  |  |                        |         |           |                      |
| N°  |   |  |   |   |  |  |  |  |  |                        |         |           |                      |

Figura 52.

Etapa 4 Elaboración de Masas.

|  |                      |              |                                |           |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
|--|----------------------|--------------|--------------------------------|-----------|-----------------|---|--|-----------|---------|-----|---------|--|--|
| <b>16</b><br>                                    | <b>17</b>            | <b>18</b>    | <b>19</b>                      | <b>20</b> |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
| 3 seg  |                      |              |                                |           |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
| Reiniciar el bache presionando F3 en el tablero. |                      |              |                                |           |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
| N°   |                      |              |                                |           |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
| # De Emergencia                                  | Inspección necesaria | Monitoreo de | Medio Ambiente                 | Salud     | Tiempo de Ciclo | Procedimiento alerta (Qué hacer si necesito ayuda?) |  |           |         |     |         |  |  |
|  |                      |              |                                |           |                 |   |  |           |         |     |         |  |  |
| # Documento                                      | Revisado             | Fecha        | Descripción de la modificación |           |                 | Copias  |  | Aprobador |         |     |         |  |  |
|  |                      |              |                                |           |                 |   |  | Creador   | Calidad | SHE | Gerente |  |  |

Figura 53.

Etapa 5 Elaboración de Masas

| Diagrama de trabajo estándar (mezclado)   |   |  |  | Linea  | Área    | Cargo        | Producto o actividad |
|---|---|--|--|--|---------|--------------|----------------------|
|   |   |  |  | Uno  | Mezclas | Aux. Mezclas | Fabricación masa     |
| Elementos de protección personal (EPP) necesarios   |   |  |  | Herramientas y equipos   |         |              |                      |
|   |   |  |  |  |         |              |                      |
| Bota con puntera de seg   | Protec. auditiva copa   | Gafas  | Tapa bocas   |  |         |              |                      |
| <b>1</b><br>  | <b>2</b><br>  | <b>3</b><br>   | <b>4</b><br>   | <b>5</b><br>   |         |              |                      |
| 140 segundos  | 40 segundos   | 20 segundos  | 145 segundos   | 150 segundos   |         |              |                      |
| Acercar a la mezcladora las materias primas: cocoa, RW y la harina de tercera (opcional de acuerdo a la matriz y con la ayuda del estibador eléctrico). | Adicionar RW (opcional de acuerdo con la matriz) y la harina de tercera en la mezcladora. | Adicionar Cocoa en la mezcladora y cerrar la mezcladora. | Accionar paso de cremaje de la premezcladora a la mezcladora, importante: verificar que al terminar el paso del cremaje la bomba se encuentre apagada. | Accionar mezclado para homogenizar los sólidos con el cremaje. |         |              |                      |
| Nº  | Nº  | Nº   | Nº   | Nº   |         |              |                      |

Figura 54.

Etapa 6 Elaboración de Masas

|   |                                    |                                       |   |                                 |                 |  |         |
|---|------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------|--|---------|
| <b>6</b><br>                                | <b>7</b><br>                       | <b>8</b><br>                          | <b>9</b><br>  | <b>10</b><br>                   |                 |  |         |
| 25 segundos                                 | 10 segundos                        | 150 segundos                          | 30 segundos   | 150 segundos                    |                 |  |         |
| Accionar descarga (adición) harina de trigo | Adicionar fosfato en la mezcladora | Accionar mezclado lento (1º mezclado) | Revisar temple de masa (Revisar que la masa no este muy húmeda o muy seca y que se cumpla con las características para la rotary) | Accionar mezclado (2º mezclado) |                 |  |         |
| Nº  | Nº                                 | Nº                                    | Nº  | Nº                              |                 |  |         |
| # Emergenc                                  | Inspección necesaria               | Monitoreo de                          | Medio Ambiente  | Salud                           | Tiempo de Ciclo | PROCEDIMIENTO DE ALERTA (Qué hacer si necesito ayuda?) |         |
|   |                                    |                                       |   |                                 |                 |  |         |
| # Documento                                 | Revisado                           | Fecha                                 | Descripción de la modificación  |                                 | Copias          | Aprobador  |         |
|   |                                    |                                       |   |                                 |                 | Creador  | Calidad |
|   |                                    |                                       |   |                                 |                 | SHE  | Gerente |

Figura 55.

## Etapa 7 Elaboración de Masas

| Diagrama de trabajo estándar (mezclado)   |   |  |   |    |  |    |  |    |  | Linea | Area   | Cargo   | Producto o actividad |  |
|---|---|--|---|----|--|----|--|----|--|-------|--|---|----------------------|--|
| Elementos de protección personal (EPP) necesarios   |   |  |   |    |  |    |  |    |  | Uno   | Mezclas  | Aux. Mezclas  | Fabricación masa     |  |
| Herramientas y equipos  |   |  |   |    |  |    |  |    |  |       |  |   |                      |  |
|    |  |   |  |    |  |    |  |    |  |       |  |  |                      |  |
| Bota con puntera  | Prot auditiva copa  | Gafas  | Tapa bocas  |    |  |    |  |    |  |       | Pala   | Cepillo blanco  |                      |  |
|  <p>11</p> <p>10 segundos</p> <p>Abrir tolva y accionar paletas para pasar masa de la mezcladora a la tolva.</p> |   |  <p>12</p> <p>100 segundos</p> <p>Terminar de pasar la masa de la mezcladora a la tolva con ayuda mecánica (Reiniciar ciclo).</p> |   | 13 |  | 14 |  | 15 |  |       |  |   |                      |  |
| Nº  |   | Nº   |   | Nº |  | Nº |  | Nº |  |       |  |   |                      |  |

*Nota:* La implementación de este estándar para la elaboración de masas de galleta tipo sándwich es fundamental para asegurar la estabilidad y consistencia en cada etapa del proceso de producción. Al seguir estos procedimientos estandarizados, se mejora la eficiencia del laminado, se garantiza un horneado uniforme y se asegura un empaque adecuado, resultando en un producto final de alta calidad que cumple con las expectativas del consumidor. Elaboración propia.

El estándar de procesos de mezclas es de suma importancia, ya que es la base del proceso. De allí parte que el proceso sea bueno en las etapas posteriores debido a las características con las que debe contar la masa. Se debe asegurar una humedad específica dentro de unos rangos, asegurando que el proceso posterior en la fase de laminación no sufra contratiempos o desviaciones. El pH también debe cumplir unos valores específicos para garantizar que se cumpla con parámetros de calidad.

En las actividades se debe garantizar:

Que las materias primas sean las correctas para el proceso.

Contar con las cantidades adecuadas de las materias primas.

Garantizar que los tiempos de mezcla sean los correctos.

Verificar que la temperatura de la mezcla no exceda el límite, ya que puede alterar las características que se necesitan para el buen desarrollo de los procesos posteriores.

Contar con el personal calificado para el desarrollo de las actividades.

Es importante que el estándar que se construyó pueda ser ejecutado por el personal asignado a esta fase del proceso; de esta manera se garantizará estabilidad.

### Calibración de los Rodillos del Sistema Rotary

Figura 56.

Calibración de Rodillos Rotativos.



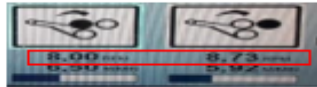
| Solución de Problemas en Galletas Moldeadas (Moldeadora Rotativa & Horno)       |                     |                          |  |                                     |                              |   |   |
|---|---------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------|---|---|
| Problema  | Máquina             | Componente               | Acción recomendada                               | Frecuencia                          | Responsable                  | Cómo  | Imagen de referencia  |
| Variabilidad de peso crudo en el ancho de banda (Proceso no estable y no capaz) | Moldeadora rotativa | Rodillo estriado y molde | Verificar Paralelismo Rodillo estriado vs. Molde | Cada inicio del ciclo de producción | Mecánico de Línea            | Uso de Lainas de medición. (Ejemplo: Fig. A).   |    |
|   |                     |                          |  |                                     |                              | Medir con las Lainas la distancia de apertura entre los rodillos estriado y molde, en cada uno de los extremos y en el centro. (Fig. B)   |   |
|   |                     |                          |  |                                     |                              | En caso de diferencias corregir mecánicamente el paralelismo, garantizando la misma apertura en cada uno de los 3 puntos.   |   |
|   |                     | Rodillo estriado         | Velocidad de rodillo estriado                    | Cada inicio del ciclo de producción | Operador Moldeadora rotativa | Medir velocidad (rpm) de rodillo estriado y molde con ayuda de un cronómetro: Marcar un punto de referencia en el eje del rodillo y contar las vueltas que da el rodillo durante 1 minuto exacto. |  |
|   |                     |                          |  |                                     |                              | Importante: la velocidad del rodillo estriado debe ser igual o mayor a la velocidad del molde. (Fig. C).  |   |
|   |                     |                          |  |                                     |                              |   |   |

Figura 57.

## Verificación de Rodillos Rotativos.




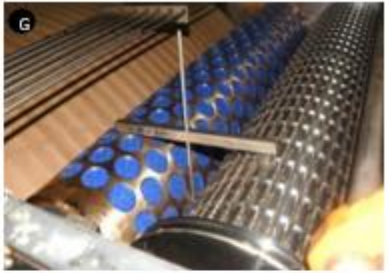

|  |  |                 |  |   |                              |  |  |
|--|--|-----------------|--|---|------------------------------|--|--|
|  |  |                 | Velocidad del rodillo de goma                            | Según definido en QMS de línea / SOP (por producto) | Operador Moldeadora rotativa | Verificar velocidad de rodillo de goma en panel <del>visor</del> o tablero de control (Fig. D)   |   |
|  |  | Rodillo de goma | Verificar presión de rodillo de goma y dureza de rodillo | Cada inicio del turno                               | Operador Moldeadora rotativa | Verificar presión de rodillo de goma en reloj visor o panel de control, y despegue de galleta (forma íntegra y sin rebabas) en tela de extracción.<br><br>Ajustar presión en extremos y centro garantizando un buen despegue de la galleta. (Fig. E)   |   |
|  |  |                 |  | 1 vez / mes   | Mecánico de Línea            | Medición con durómetro en los 2 extremos y el centro del rodillo. Verificar que no haya deformación o pérdida de dureza. (Fig. F)<br><br>(Dureza medida en shore de acuerdo a especificación del recubrimiento de goma del rodillo indicada por el fabricante del equipo. Generalmente está entre 60-70 shore A).<br><br>En caso de detectarse pérdida de uniformidad (dureza), realizar cambio de recubrimiento en rodillo de goma. |  |

Figura 58.

## Etapa 2 de Verificación de Rodillos Rotativos.

|  |  |   |  |                                     |                              |   |   |
|--|--|---|--|-------------------------------------|------------------------------|---|---|
|  |  | Cuchilla  | Verificar paralelismo cuchilla vs. molde   | Cada inicio del ciclo de producción | Mecánico de Línea            | <p>Uso de "Herramienta T" para medición de paralelismo de cuchilla:</p> <p>Ubicar "Herramienta T" (ver Anexo 3) para calibración de cuchilla* apoyándola en la superficie de los rodillos: moldeador y estriado. (Fig. G)<br/>Regular altura de varilla graduada en la herramienta hasta que la parte inferior toque el borde de la cuchilla. Realizar esta medición en los 2 extremos y el centro del borde de la cuchilla. La altura debe ser igual en los 3 puntos. En caso de haber diferencias, regular mecánicamente hasta garantizar paralelismo de la cuchilla.</p> |  <p>*En Anexo 3: plano de diseño de "Herramienta T" para calibración de altura de cuchilla en moldeadora rotativa.</p> |
|  |  | Banda de alimentación de masa / Tolva de alimentación de masa a Moldeadora rotativa | Revisar distribución de masa en la tela de alimentación hacia la moldeadora rotativa | Cada inicio del turno               | Operador Moldeadora rotativa | <p>Visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribución de masa en la tela (banda) de alimentación a la tolva de la moldeadora debe estar disgregada en todo el ancho de la banda. (Fig. H)</li> <li>- En caso de no estar correctamente distribuida, se debe verificar correcta acción de rodillos partidores o desmenzadores de masa (velocidad y altura)</li> </ul>   |    |

*Nota:* El estándar de trabajo para la calibración del sistema de rodillos de la Rotary es fundamental para mantener la consistencia y calidad en la producción de galletas tipo sándwich. Al seguir este procedimiento estandarizado se logra una mayor estabilidad en los procesos de laminado, horneado y empaque, resultando en un producto final de alta calidad y uniformidad. Elaboración propia.

Gracias a la implementación del estándar en la calibración del sistema de rodillos, se han logrado evidenciar cambios significativos en la variación de peso del producto. Este proceso, llevado a cabo por el departamento técnico, ha permitido ajustar de manera precisa los rodillos, optimizando así la uniformidad y calidad del producto final. La correcta calibración no solo reduce las discrepancias en el peso, sino que también mejora la eficiencia del proceso de producción, minimizando desperdicios y asegurando una mayor consistencia en los resultados.

### Muestreo Aplicado después de Implementar las Acciones Correctivas

**Figura 59.**

*Muestreo de galletas.*

| Muestreo 20/09/2024 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Número de galleta   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| 1                   | 3,43 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,42 | 3,42 | 3,43 | 3,42 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,43 | 3,45 |
| 2                   | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,42 | 3,42 | 3,4  | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,4  | 3,39 | 3,45 |
| 3                   | 3,48 | 3,48 | 3,4  | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,48 | 3,45 | 3,45 | 3,48 | 3,42 | 3,42 | 3,4  | 3,48 | 3,42 | 3,48 | 3,43 | 3,43 | 3,42 |
| 4                   | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,43 | 3,4  | 3,43 | 3,4  | 3,45 | 3,4  | 3,4  | 3,4  | 3,42 | 3,43 | 3,38 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,42 | 3,4  |
| 5                   | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,43 | 3,45 | 3,35 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,42 | 3,44 | 3,44 |
| 6                   | 3,43 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,33 | 3,43 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,48 | 3,4  |
| 7                   | 3,42 | 3,4  | 3,42 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,34 | 3,42 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,45 | 3,43 |
| 8                   | 3,45 | 3,4  | 3,48 | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,42 | 3,45 | 3,42 | 3,42 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,38 | 3,45 | 3,44 | 3,42 | 3,45 | 3,45 | 3,4  |
| 9                   | 3,44 | 3,4  | 3,48 | 3,45 | 3,48 | 3,45 | 3,48 | 3,44 | 3,48 | 3,48 | 3,4  | 3,44 | 3,44 | 3,4  | 3,44 | 3,44 | 3,45 | 3,45 | 3,43 | 3,42 |
| 10                  | 3,44 | 3,4  | 3,48 | 3,4  | 3,48 | 3,4  | 3,48 | 3,44 | 3,48 | 3,48 | 3,4  | 3,44 | 3,44 | 3,42 | 3,44 | 3,44 | 3,44 | 3,4  | 3,45 | 3,4  |
| 11                  | 3,44 | 3,44 | 3,45 | 3,4  | 3,48 | 3,4  | 3,48 | 3,44 | 3,48 | 3,48 | 3,4  | 3,44 | 3,43 | 3,41 | 3,44 | 3,43 | 3,44 | 3,4  | 3,44 | 3,41 |
| 12                  | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,45 | 3,44 | 3,43 | 3,43 | 3,4  | 3,45 | 3,43 | 3,44 | 3,43 | 3,43 | 3,42 |
| 13                  | 3,4  | 3,44 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,43 | 3,43 | 3,42 | 3,4  | 3,4  | 3,42 | 3,45 | 3,43 | 3,43 | 3,4  |
| 14                  | 3,4  | 3,42 | 3,47 | 3,43 | 3,45 | 3,43 | 3,45 | 3,4  | 3,45 | 3,45 | 3,42 | 3,42 | 3,44 | 3,4  | 3,4  | 3,44 | 3,4  | 3,43 | 3,45 | 3,44 |
| 15                  | 3,4  | 3,4  | 3,47 | 3,44 | 3,47 | 3,44 | 3,47 | 3,4  | 3,47 | 3,47 | 3,41 | 3,44 | 3,44 | 3,38 | 3,4  | 3,44 | 3,4  | 3,44 | 3,45 | 3,45 |

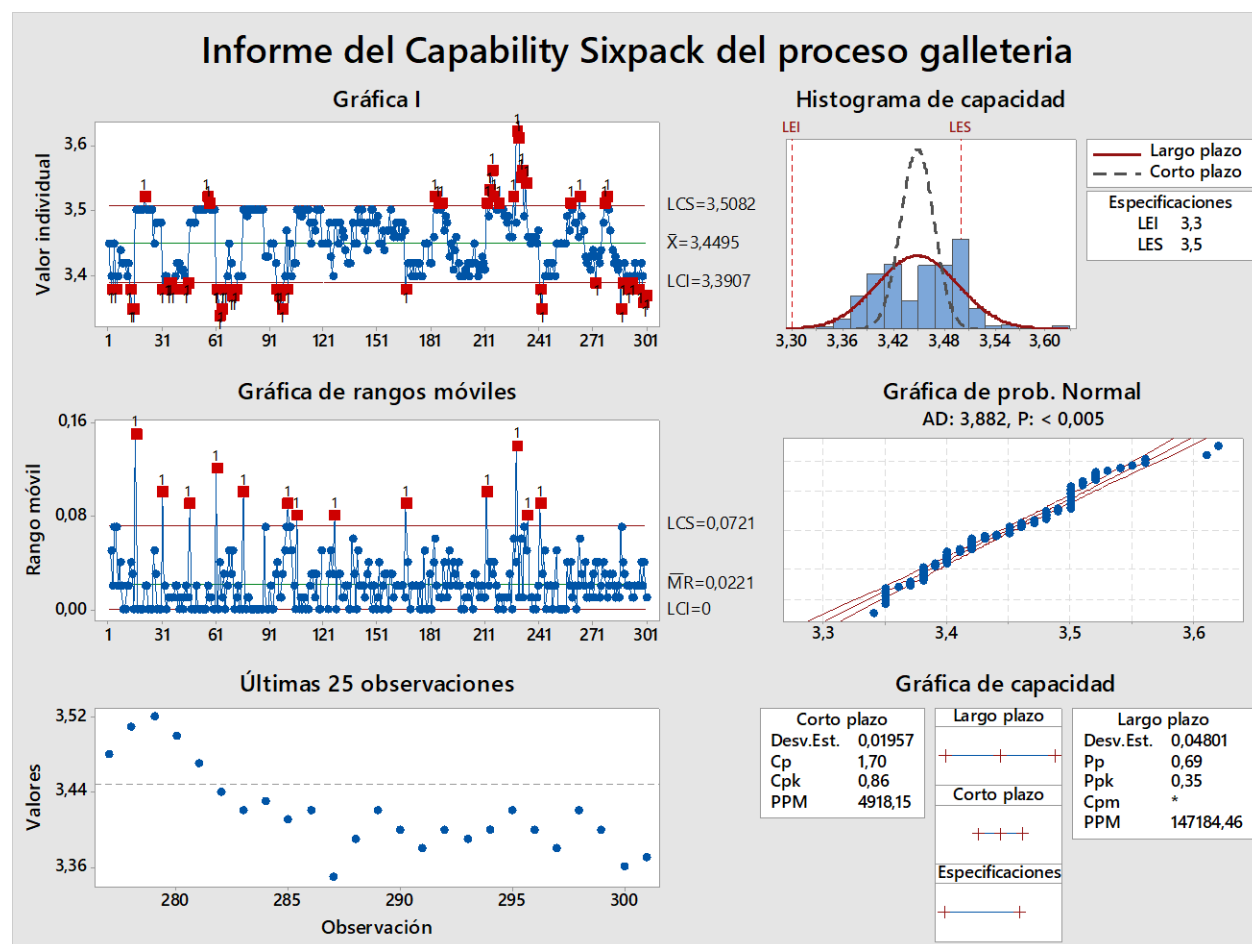
Nota: La estabilización del proceso de producción de galletas tipo sándwich a través de la implementación de estándares de trabajo y la restauración de las condiciones básicas ha llevado a una mejora integral en la eficiencia, calidad y sostenibilidad del producto final, tal como se evidencia en el muestreo donde existe un comportamiento de los pesos más estable y menos variable. Estos cambios demuestran la importancia de la precisión y la estandarización en la

manufactura, para alcanzar altos niveles de excelencia y competitividad en el mercado.

Elaboración propia.

**Figura 60.**

*Capacidad de Proceso con Q-STAT*



*Nota:* Las estadísticas y gráficos proporcionan una visión integral de la estabilidad y capacidad del proceso de producción de las galletas, asegurando que el proceso cumple con las especificaciones establecidas tanto a corto como a largo plazo. Elaboración propia.

La imagen muestra un informe de Capability Sixpack del proceso galletería. Este informe incluye varias gráficas y estadísticas que evalúan la capacidad y el control del proceso de producción de galletas. A continuación, se presenta un análisis positivo de los

resultados:

***Gráfica I (Valor individual):***

La mayoría de los puntos de datos se encuentran dentro de los límites de control superior (LCS = 3.5082) e inferior (LCI = 3.3907), lo que indica que el proceso está bajo control. La media ( $\bar{X}$ ) es 3.4495, lo cual está cerca del centro de las especificaciones.

***Gráfica de rangos móviles:***

La mayoría de los rangos móviles están dentro de los límites de control superior (LCS = 0.0721), lo que sugiere que la variabilidad del proceso es estable y controlada.

***Últimas 25 observaciones:***

Las últimas 25 observaciones muestran una tendencia estable sin señales de variación significativa, lo que indica que el proceso ha sido consistente recientemente.

***Histograma de capacidad:***

El histograma muestra que la mayoría de los datos se encuentran dentro de los límites de especificación (LEI = 3.3, LES = 3.5). Esto sugiere que el proceso produce galletas que cumplen con las especificaciones de calidad.

***Gráfica de probabilidad normal:***

La gráfica de probabilidad normal muestra que los datos se ajustan bien a una distribución normal, con un valor de  $AD = 3.882$  y  $P < 0.005$ , lo que indica que el proceso sigue una distribución normal.

***Gráfica de capacidad:***

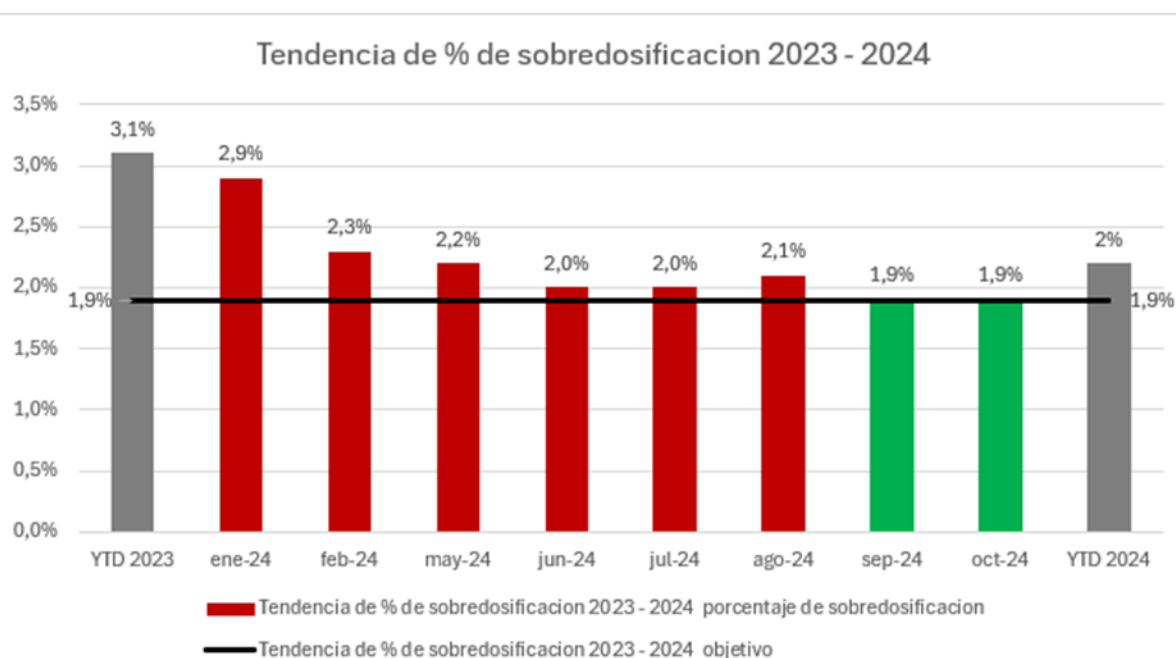
Los índices de capacidad a corto plazo ( $C_p = 1.70$ ,  $C_{pk} = 0.86$ ) y a largo plazo ( $P_p$

= 0.69, Ppk = 0.35) son cercanos a 1, lo que sugiere que el proceso es capaz de producir dentro de las especificaciones, aunque hay margen para mejorar la capacidad.

El análisis muestra que el proceso de producción de galletas en galletería está bien controlado y produce consistentemente dentro de las especificaciones de calidad. Aunque hay margen para mejorar la capacidad y el centrado del proceso, la estabilidad actual proporciona una base sólida para la optimización continua. Estas conclusiones reflejan un manejo efectivo del proceso y una orientación clara hacia la mejora continua.

**Figura 61.**

*Comportamiento Final de la Sobredosificación.*



Nota: La implementación de estándares de trabajo, cambios en la forma de trabajo y la restauración de las condiciones básicas han sido efectivos en reducir la sobredosificación. El logro de alcanzar y mantener el objetivo del 1.9% en los meses finales de 2024 demuestra una mejora significativa y sostenida en el proceso de producción. Esta gráfica es fundamental para evaluar el éxito de las estrategias implementadas y demuestra la importancia de mantener

controles rigurosos y mejoras continuas en el proceso de producción para garantizar la calidad y consistencia del producto final. Elaboración propia.

A lo largo del tiempo en que se comenzaron a implementar cambios en el proceso, se han evidenciado mejoras significativas. Mediante un seguimiento mensual del comportamiento de la sobredosificación de las galletas tipo sándwich, se ha podido observar una tendencia a la reducción en el porcentaje de sobredosificación, alcanzando el objetivo establecido para el mes de octubre.

El propósito del proyecto no es solo cumplir con la meta inicial, sino también mantener los resultados obtenidos a lo largo del tiempo. Esto es esencial para asegurar una efectividad continua en el proceso. Mantener estas mejoras permitirá no solo optimizar la producción, sino también garantizar la calidad y consistencia del producto, beneficiando tanto a la empresa como a los consumidores.

## Conclusiones

En los procesos de galletería de línea continua se presentan múltiples pérdidas y en ocasiones en cantidades alarmantes, al menos mientras se logra llegar a una estabilidad; sin embargo, los cambios de formato, cambios de producto, paradas inesperadas e inicios de producción son los principales detonantes para aumentar todo tipo de pérdidas. Es poco efectivo tratar de abarcar todos los problemas que se generan en una línea de producción, por lo que en la mayoría de los casos se desarrollan proyectos para atacar una pérdida significativa. Para un buen desarrollo de proyecto se debe contar con un personal calificado y experto en los procesos de la línea involucrada, normalmente siempre se conforma con personas de diferentes áreas: calidad, seguridad y salud en el trabajo, departamento técnico, producción y operarios clave en los procesos donde se desarrolla el producto.

En la línea de producción de galletas tipo sándwich, una de las pérdidas más significativas es la sobredosificación. Identificar la causa raíz de este problema es todo un reto ya que la línea cuenta con múltiples procesos y diferentes equipos que pueden influir en esta pérdida. Realizando múltiples análisis se logró identificar una de las principales causas del aumento de la sobredosificación y que, gracias a un seguimiento constante, a la creación de estándares para optimizar la manera de trabajar de las personas y a los ajustes planificados con frecuencias establecidas, se logró generar un impacto positivo reduciendo notablemente este problema. Sin embargo, cabe resaltar que estandarizar los procesos desde el inicio ayuda a tener un mejor control en los parámetros, y para este caso el peso neto final, que es lo que más importaba en el proyecto.

## Referencias Bibliográficas

- Chacón, E. y. (2007). Selección de proyectos de Seis Sigma mediante el uso de AHP y ANP, Proceeding 12 Internacional Conference on Project Engineering. Proceeding 12 Internacional Conference on Project Engineering. Zaragoza. Obtenido de <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=2331>
- Garza Ríos, R. C. (2012). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, 22, 19-35. Sevilla, España.
- Gómez, R. C. (s.f.). Control estadístico de procesos (SPC). Argentina. Obtenido de [https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1617/1/12\\_control\\_estadistico.pdf](https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1617/1/12_control_estadistico.pdf)
- Kendrick, J. y. (2007). Use of Analytic Hierarchy Process for Project Selection. Six . págs. Vol 6, No.4, pp 22-29. . Obtenido de <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=2331>
- López, I. G. (s.f.). Metodología Six - Sigma: Calidad Industrial. Obtenido de <https://www.training.com.br/download/Metodologia%20Seis%20Sigma.pdf>
- Ocampo, J. y. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis-sigma con la simulación de eventos discretos de Flexsim Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, paper No 147,. Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, paper No 147,. Ciudad de Panamá, . Obtenido de <https://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- Porter, E.M. (2002): Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. Editorial Patria, México.

Ríos, I.D., Ríos, I.S. (2008): Simulación. Métodos y aplicaciones. Editorial RA-MA, 2ª edición España.

Smith, B. (1986). Six Sigma Online. (n.d.). Obtenido de <https://www.sixsigmaonline.org/six-sigma-history/>

Smith, B. (s.f.). History of Six Sigma: Exploring the Roots.  
Obtenido de <https://www.sixsigmaonline.org/six-sigma-history/>