



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS
UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN
LA EMPRESA “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS
HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.”**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

Autor: Carlos Andrés Rivera Barriga

Tutor: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

AMBATO – ECUADOR

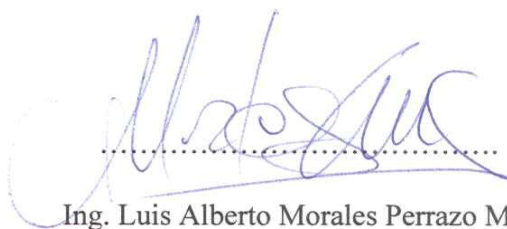
Enero 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.” realizado por el señor Carlos Andrés Rivera Barriga, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato enero, 2020

EL TUTOR

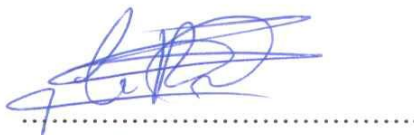
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Alberto Morales Perrazo', is written over a horizontal dotted line. The signature is fluid and cursive.

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado: ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2020



Carlos Andrés Rivera Barriga

CC: 1850110311

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación. Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato enero, 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned above a dotted line.

Carlos Andrés Rivera Barriga

CC: 1850110311

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores/as docentes Ing. Christian Mariño, Ing. Franklin Tigre, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA EMPRESA “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.”, presentado por el señor Carlos Andrés Rivera Barriga, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



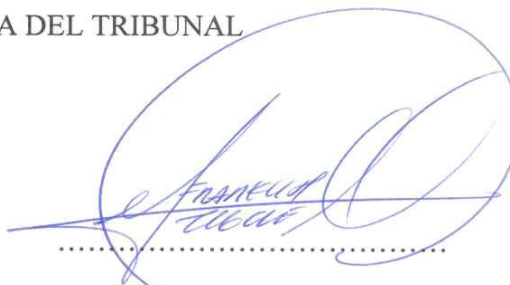
Ing. Elsa Pilar Urrutia Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Christian Mariño.

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Franklin Tigre.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A toda mi familia por ser un apoyo incondicional, con su amor, paciencia, trabajo y sacrificio han sabido acompañarme durante el transcurso de mi vida universitaria, motivándome día a día a seguir en pie de lucha por uno de mis objetivos en la vida.

A todas las personas que me han acompañado con todo su cariño, buenos deseos, por su motivación y su conocimiento para que este proyecto sea posible.

Carlos Andrés Rivera Barriga

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, salud y conocimiento necesario para poder llegar a este punto de mi vida, y por las enseñanzas del día a día.

A mis padres quienes, con su amor incondicional y su ejemplo me han inculcado los valores para construirme como persona, por su comprensión a lo largo de mi vida.

A mis hermanos quienes han sido un apoyo durante todo el trayecto de mi vida e impulsarme a cumplir mis metas a pesar de las adversidades.

A mis docentes, quienes a través de mi vida universitaria han compartido su conocimiento y consejos, para ser una buena persona y un buen profesional, especialmente a mi tutor por su paciencia y enseñanzas a lo largo de mi trayectoria estudiantil.

A la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” por abrirme sus puertas, y a quienes conforman dicha organización por su apoyo para la realización de mi proyecto de investigación.

Carlos Andrés Rivera Barriga

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..... | iii |
| DERECHOS DE AUTOR..... | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO..... | v |
| DEDICATORIA..... | vi |
| AGRADECIMIENTO..... | vii |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | xvi |
| ABSTRACT..... | xvii |
| CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes investigativos..... | 1 |
| 1.1.1 Contextualización del problema..... | 1 |
| 1.1.2 Estudio del arte..... | 2 |
| 1.1.3 Fundamentación teórica..... | 6 |
| Calidad..... | 6 |
| ¿Qué es Six Sigma?..... | 6 |
| Variabilidad..... | 7 |
| Nivel sigma y desviación estándar..... | 8 |
| ¿Cómo hacer llegar de 3 sigma a 6 sigma?..... | 9 |
| Etapas de un proyecto Six Sigma..... | 9 |
| Definir..... | 9 |
| Medir..... | 13 |
| Analizar..... | 20 |
| Mejora..... | 21 |
| Control..... | 24 |
| 1.2 Objetivos..... | 25 |
| Objetivo general..... | 25 |
| Objetivos específicos..... | 25 |
| CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA..... | 26 |
| 2.1 Métodos..... | 26 |
| 2.1.1 Modalidad de investigación..... | 26 |

| | |
|--|-----------|
| Investigación bibliográfica – documental | 26 |
| Investigación de campo..... | 27 |
| Modalidad exploratoria | 27 |
| Investigación aplicada..... | 27 |
| 2.1.2 Población y muestra..... | 27 |
| 2.1.3 Recolección de información..... | 27 |
| Técnicas | 28 |
| Herramientas por etapas de la metodología Six Sigma | 28 |
| 2.1.4 Procesamiento y análisis de datos | 29 |
| 2.1.5 Desarrollo del proyecto..... | 29 |
| 2.2 Materiales | 47 |
| CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 48 |
| 3.1 Análisis y discusión de resultados | 48 |
| 3.1.1 Desarrollo del proyecto..... | 48 |
| Fase DEFINIR..... | 48 |
| Definición del proyecto y su objetivo..... | 48 |
| Identificación de problemas vitales | 62 |
| Identificación de ctq's..... | 71 |
| Alcance del proyecto | 74 |
| Definición del equipo de trabajo | 74 |
| Fase MEDIR..... | 77 |
| Identificación de la medición | 77 |
| Recolección de datos | 84 |
| Análisis de variabilidad y capacidad de los procesos críticos..... | 88 |
| Análisis del nivel de calidad Sigma..... | 103 |
| Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)..... | 109 |
| Fase ANALIZAR | 118 |
| Análisis de modo y efecto de las fallas(AMEF)..... | 118 |
| Identificación de las X potenciales | 122 |
| Impacto de la variabilidad en los procesos críticos | 136 |
| Fase de MEJORA (propuesta)..... | 141 |
| Identificar las áreas de mejora..... | 141 |

| | |
|--|------------|
| Soluciones para las causas raíz y su matriz de prioridades | 141 |
| Plan de acción (5w 2h)..... | 145 |
| Análisis de factibilidad | 152 |
| Financiamiento | 154 |
| Fase de CONTROL | 155 |
| Sistema de control de mejoras..... | 155 |
| Análisis de modo y efecto de fallas(actualizado) | 158 |
| CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 159 |
| 4.1 Conclusiones..... | 159 |
| 4.2 Recomendaciones | 160 |
| Bibliografía..... | 161 |
| Anexos | 166 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 1 | Datos para ejemplo del proceso de empaquetado de salchichas | 18 |
| Tabla 2 | Identificación de los clientes potenciales | 32 |
| Tabla 3 | Modelo de distribución del equipo de trabajo..... | 33 |
| Tabla 4 | Valores de C_p y su interpretación | 37 |
| Tabla 5 | Calidad de corto y largo plazo en términos de C_p , Z_c , Z_L y PPM | 38 |
| Tabla 6 | Nivel Six Sigma en término del DPMO | 39 |
| Tabla 7 | Valoración de NPR | 43 |
| Tabla 8 | Materiales empleados en el desarrollo del proyecto | 47 |
| Tabla 9 | Productos ofertados actualmente por “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”..... | 51 |
| Tabla 10 | Cantidad de helados vendidos de enero a mayo en el 2019..... | 63 |
| Tabla 11 | Resumen ventas del 2019 (enero-mayo)..... | 65 |
| Tabla 12 | Cálculo de muestra para identificación de fallas..... | 67 |
| Tabla 13 | Datos para la gráfica de Pareto: defectos encontrados | 68 |
| Tabla 14 | Descripción de los defectos encontrados..... | 69 |
| Tabla 15 | Variables críticas | 70 |
| Tabla 16 | Tipos de clientes..... | 71 |
| Tabla 17 | Equipo de trabajo para el proyecto Six sigma..... | 75 |
| Tabla 18 | Datos recolectados en función de los CTQs encontrados..... | 85 |
| Tabla 19 | Datos recolectados..... | 86 |
| Tabla 20 | Datos población – muestra para el estudio | 87 |
| Tabla 21 | Datos Pareto: helados defectuosos en procesos críticos | 88 |
| Tabla 22 | Datos Pareto: defectos en el proceso de dosificación manual | 89 |
| Tabla 23 | Datos para la carta p (dosificación manual)..... | 90 |
| Tabla 24 | Datos para la carta p (desmoldado) | 94 |
| Tabla 25 | Datos Pareto: defectos en el proceso de enfundado y sellado..... | 98 |
| Tabla 26 | Datos para la carta p (enfundado y sellado)..... | 99 |
| Tabla 27 | Datos recolectados para el estudio R&R | 110 |
| Tabla 28 | Análisis de desacuerdos..... | 111 |
| Tabla 29 | Resultados de repetibilidad | 113 |
| Tabla 30 | Resultados de reproducibilidad | 114 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabla 31 | Desacuerdos por parejas de trabajadores | 116 |
| Tabla 32 | Porcentaje y número de desacuerdos entre parejas de operadores..... | 117 |
| Tabla 33. | Reporte de estudio R&R discreto | 118 |
| Tabla 34 | Análisis de modo y efecto de fallas del proceso de producción del helado de sabores | 119 |
| Tabla 35 | Semáforo de nivel de riesgo..... | 121 |
| Tabla 36 | Resumen AMEF del proceso de producción de helados de sabores | 121 |
| Tabla 37 | Porcentajes de nivel de riesgo | 122 |
| Tabla 38 | 5 porqué de rotura total o parcial del palillo de madera | 123 |
| Tabla 39 | 5 porqué de mezcla de sabores..... | 125 |
| Tabla 40 | 5 porqué de mermelada en los bordes y puntas | 127 |
| Tabla 41 | 5 porqué de helados incompletos | 129 |
| Tabla 42 | 5 porqué de corte del helado o del palillo de madera | 131 |
| Tabla 43 | 5 porqué del mal sellado | 133 |
| Tabla 44 | Causas raíz de los efectos potenciales de falla..... | 134 |
| Tabla 45 | Problemas especiales | 135 |
| Tabla 46 | Costos de pérdida por helados defectuosos | 136 |
| Tabla 47 | Pérdidas en cada proceso crítico en 1 mes de producción..... | 137 |
| Tabla 48 | Pérdidas generadas por reprocesos de helados defectuosos en 1 mes de producción..... | 140 |
| Tabla 49 | Soluciones para las causas raíz de los efectos potenciales de falla | 142 |
| Tabla 50 | Soluciones a problemas especiales..... | 143 |
| Tabla 51 | Sugerencias para cada cuadrante de la matriz de prioridades..... | 144 |
| Tabla 52 | Plan de acción (5W 2H)..... | 146 |
| Tabla 53 | Análisis de factibilidad de las mejoras propuestas..... | 152 |
| Tabla 54 | Sistema de control de mejoras | 155 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Desviación estándar | 7 |
| Figura 2 Nivel Sigma = 3 | 8 |
| Figura 3 Nivel Sigma = 6 | 8 |
| Figura 4 Relación DPMO-Nivel Sigma | 9 |
| Figura 5 Fases de la entrevista | 10 |
| Figura 6 Simbología para la elaboración de un diagrama de flujo de proceso | 11 |
| Figura 7 Ejemplo de preguntas para 5W y 1H | 12 |
| Figura 8 Ejemplo de diagrama de Pareto | 13 |
| Figura 9 Fase de la tormenta o lluvia de ideas | 14 |
| Figura 10 Representación de un diagrama causa-efecto (método de las 6M) | 15 |
| Figura 11 Hoja de verificación para productos defectuosos | 16 |
| Figura 12 Idea y elementos de una carta de control | 17 |
| Figura 13 Carta de control p para el proceso de empaquetado de salchichas | 18 |
| Figura 14 Herramienta de los cinco por qué en la búsqueda de las causas raíz de un problema | 21 |
| Figura 15 ¿Qué actitud tomar ante el error? | 22 |
| Figura 16 Estructura matriz esfuerzo Vs. impacto | 23 |
| Figura 17 Pasos para la fase DEFINIR | 30 |
| Figura 18 Organizador de requerimientos de los clientes encontrados | 32 |
| Figura 19 Pasos para la fase MEDIR..... | 34 |
| Figura 20 Pasos para la fase ANALIZAR..... | 41 |
| Figura 21 Esquema general de actividades para realizar un AMEF | 41 |
| Figura 22 Pasos para la fase MEJORAR | 44 |
| Figura 23 Pasos para la fase CONTROLAR..... | 46 |
| Figura 24 Planta de Producción de “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” | 48 |
| Figura 25 Vista satelital de la empresa: Urb. Rumipamba de Las Rosas, Los Molles y, Av. Yolanda Medina, Salcedo | 49 |
| Figura 26 Logo de la empresa | 50 |
| Figura 27 Diagrama de procesos para el helado tipo vaso..... | 53 |
| Figura 28 Diagrama de procesos para el helado tipo paleta..... | 54 |
| Figura 29 Área de pasteurización de leche y fruta | 55 |

| | |
|---|-----|
| Figura 30 Área de licuado | 56 |
| Figura 31 Dosificación manual | 57 |
| Figura 32 Proceso de congelación | 57 |
| Figura 33 Helados listos para ser desmoldados..... | 58 |
| Figura 34 Desmoldado de los helados | 58 |
| Figura 35 Máquina de enfundado y sellado | 59 |
| Figura 36 Distribución del cuarto frío | 59 |
| Figura 37 Ventas del 2019 (enero-mayo) | 64 |
| Figura 38 Pareto del resumen de ventas del 2019 (enero-mayo) | 66 |
| Figura 39 Gráfica de Pareto defectos encontrados | 68 |
| Figura 40 Identificación de requerimientos por tipos de clientes..... | 73 |
| Figura 41 Requerimientos críticos involucrados en el proyecto | 74 |
| Figura 42 Diagrama causa-efecto rotura parcial o total del palillo de madera | 77 |
| Figura 43 Diagrama causa-efecto mezcla de sabores | 78 |
| Figura 44 Diagrama causa-efecto mermelada en los bordes y puntas | 79 |
| Figura 45 Diagrama causa-efecto helados incompletos..... | 80 |
| Figura 46 Diagrama causa-efecto del corte del helado o del palillo de madera..... | 81 |
| Figura 47 Diagrama causa-efecto del mal sellado..... | 82 |
| Figura 48 Procesos y variables críticas | 83 |
| Figura 49 Pareto: Helados defectuosos en procesos críticos..... | 88 |
| Figura 50 Pareto: Defectos en el proceso de dosificación manual | 89 |
| Figure 51 Gráfica de control p (Dosificación manual) | 92 |
| Figura 52 Gráfica de control p (Desmoldado)..... | 96 |
| Figura 53 Pareto: defectos en el proceso de enfundado y sellado | 98 |
| Figura 54 Gráfica de control p (Enfundado y sellado) | 101 |
| Figura 55 Guía para encontrar el número de desacuerdos entre operadores..... | 115 |
| Figura 56 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (rotura total o parcial del palillo de madera) | 124 |
| Figura 57 Causas raíz (rotura total o parcial del palillo de madera.)..... | 124 |
| Figura 58 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (mezcla de sabores) | 126 |
| Figura 59 Causas raíz (mezcla de sabores) | 126 |
| Figura 60 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (mermelada en los bordes y puntas)..... | 128 |

| | |
|---|-----|
| Figura 61 Causas raíz (mermelada en los bordes y puntas) | 128 |
| Figura 62 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (helados incompletos) | 130 |
| Figura 63 Causas raíz (helados incompletos) | 130 |
| Figura 64 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (corte del helado o del palillo de madera) | 132 |
| Figura 65 Causas raíz (corte del helado o del palillo de madera) | 132 |
| Figura 66 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (mal sellado) | 133 |
| Figura 67 Causas raíz (mal sellado) | 134 |
| Figura 68 Costo de producción de un helado de mora con materia prima nueva ... | 138 |
| Figura 69 Costo de producción de un helado de mora con materia prima reprocesada | 139 |
| Figura 70 Matriz de prioridades para las propuestas establecidas | 144 |

RESUMEN EJECUTIVO

La variabilidad de los procesos productivos de una empresa trae como consecuencia productos defectuosos, “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” a pesar de llevar un control en sus procesos, estos presentan helados defectuosos que son reprocesados. Debido a esto, el objetivo del proyecto de investigación es realizar un análisis de la variabilidad en el proceso de elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología Six Sigma.

Se utiliza el manual de instrucciones de Six Sigma llamado ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), el proyecto se basa en un enfoque cuali-cuantitativo, los datos se recolectan en el periodo de 1 mes por medio de un muestreo por conglomerados; en su mayoría son procesados en el programa Excel y Minitab para ciertas comprobaciones.

Existen procesos críticos tales como dosificación manual con una proporción promedio de productos defectuosos de 0.85%, desmoldado con un 0.515%, enfundado y sellado con un 0.3157%. Estos se encuentran centrados, es decir, se mantienen estables a través del tiempo puesto que las causas de su variabilidad son de tipo común, y su nivel sigma corresponde a un valor de 3, el cual no es el más óptimo, pero con oportunidades de mejora; además presentan problemas de reproducibilidad con un porcentaje del 28%.

Se concluye que actualmente los procesos estudiados no cuentan con una capacidad adecuada, además de presentar variabilidad y no estar completamente estandarizados, lo que trae como consecuencia helados defectuosos y pérdidas económicas a la empresa.

ABSTRACT

Variability of the production processes of a company results in defective products, “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” in spite of having a control in their processes, these have defective ice creams that are reprocessed. Due to this, the objective of the research project is to perform an analysis of the variability in the ice cream making process using tools from the Six Sigma methodology.

The Six Sigma instruction manual called DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) is used, the project is based on a qualitative-quantitative approach, the data is collected in a period of 1 month by means of sampling by conglomerates; They are mostly processed in Excel and Minitab programa for certain checks.

There are critical processes such as manual dosing with an average proportion of defective products of 0.85%, unmold with 0.515%, sheathed and sealed with 0.3157%. These are centered, that is, they remain stable over time since the causes of their variability are of the common type and their sigma level corresponds to a value of 3, which is not the most optimal, but with opportunities for improvement; They also have reproducibility problems with a percentage of 28%.

It is concluded that currently the processes studied do not have adequate capacity, in addition to presenting variability and not being completely standardized, which results in defective ice cream and economic losses to the company.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Contextualización del problema

En la actualidad la industria alimenticia a nivel mundial ha sido protagonista de diversos cambios y se enfrenta a múltiples desafíos, esto hace que las empresas se ven obligadas a mejorar su productividad y estrategias de calidad para seguir siendo competitivas dentro de un mercado cambiante, los clientes generalmente adquieren productos que reconocen como buenos. Incluso un pequeño incidente en la presentación del producto, podría dañar la imagen de la empresa responsable, además de perjudicar sus márgenes de ganancia [1]. La falta de conocimiento de ciertos consumidores contribuye a que la industria alimenticia no preste atención a sus controles de calidad y las mejoras que debe realizar en sus productos [2].

Ecuador ha demostrado ser un país con una alta producción de lácteos, el mismo que requiere cada vez que sus procesos de producción exijan calidad y se vean reflejados en sus productos, tal es el caso de los helados que han tenido un crecimiento repentino en los últimos años, en el 2010 en Ecuador cada persona consumía aproximadamente 1.8 litros de helado cada año, estos valores de consumo son relativamente bajo con respecto a países de la región como Colombia y Brasil el cual era de 2 a 2.3 litros por persona [3]. Ya para el año 2015 esta cantidad habría aumentado, cada ecuatoriano al año consumía aproximadamente 2.7 litros de helado [4], lo cual para las empresas productoras de este manjar se han visto en la necesidad de mejorar sus procesos y brindar un producto de calidad que cumplan los estándares necesarios.

En la provincia de Cotopaxi se encuentra un cantón el cual es conocido por la fama de sus helados tradicionales, Salcedo situado en la sierra centro del Ecuador ha demostrado tener hace más de 60 años como imagen representativa este postre deleite de propios y extraños, al ser un producto de alta demanda por su tradicional sabor varias empresas de la ciudad han optado por convertirse cada vez más competitivas en el ámbito de la calidad de dicho producto. Al momento existe una gran competencia entre las dos más grandes productoras de helados de Salcedo, es por esto que “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”

con el objetivo de brindar un producto de calidad a sus clientes, ha demostrado gran interés en el control y mejora de sus procesos productivos y resulta necesario un estudio del estado en que se encuentra la empresa en términos de calidad para sugerir propuestas de mejora.

1.1.2 Estudio del arte

En el año 1980, la empresa Motorola se propuso mejorar diez veces los niveles de calidad en cinco años, no contaban que en 1989 lograrían mejorar la calidad de sus productos y servicios cien veces respecto a la meta propuesta; sus ahorros fueron aproximadamente 4,500 millones de dólares (1997-1999) y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988, el cual lo consiguieron gracias a la implementación de una metodología de calidad llamada Six Sigma [5].

Así también como Motorola, otras empresas optaron por utilizar esta metodología a favor de la calidad de sus productos y servicios, uno de los casos fue el de Allied Signal, la cual logro más de 2,000 millones de dólares en ahorros de 1994 a 1999, en el caso de General Electric alcanzo más de 3,000 millones de dólares en ahorros en dos años (1998-1999) y Ford logró un ahorro de 52 millones de dólares en el 2000 [5].

Dentro del sector manufacturero, una vez implementada la metodología Six Sigma se han demostrado beneficios tales como mejoras y ahorros en las empresas como General Electric, DuPont, Toshiba, Allied Signal, Kodak, Honeywell, Texas Instruments, Sony, etc. [6]. En el sector de ingeniería y construcción, Bechtel Corporation una de las compañías más grandes del mundo, en el 2002 reporto un ahorro de 200 millones de dólares con una inversión de 30 millones de dólares en el programa Six Sigma para identificar y prevenir el retrabajo y defectos en todo, desde el diseño hasta la construcción [6].

Se cree que la metodología Six Sigma está restringida solo a grandes empresas debido a la cantidad de recursos que estas pueden presentar, además que las pequeñas empresas pueden presentar más problemas al momento de querer implementar esta metodología de manera eficaz, sin embargo, esto se convirtió en un mito después de que varias pequeñas y medianas empresas hayan conseguido resultados positivos luego de implementarla [7].

Con el pasar del tiempo las grandes empresas han dependido en gran medida de las pequeñas y medianas, debido a que estas son las que suministran productos y servicios de alta calidad a bajo costo; lo que ha provocado que las PYMES consideren en introducir Six Sigma en sus procesos, eso indica un estudio realizado a las PYMES del Reino Unido, las cuales debían implementar la metodología Six Sigma, la misma que fue un éxito, puesto que se descubrió que la mayoría de empresas que participaron en el estudio (70% aproximadamente) tenían sus procesos centrales operando a niveles de calidad sigma entre 2.8 y 4.0, además que la mayoría de las PYMES (69%) que respondieron a una encuesta, estaban utilizando la metodología DMAIC para la mejora continua [8]. Un ejemplo es la implementación de esta metodología en una microempresa del Ramo automotriz, la cual gracias al compromiso del gerente general, del equipo de colaboración y asesores externos, logró culminar con éxito el proyecto y aumentar el nivel sigma del proceso pintura de 2.4 a 3.6 [9].

Debido a la gran acogida que ha tenido la metodología Six Sigma en varias regiones del mundo, empresas en Latinoamérica también han empezado a implementarla para controlar y mejorar sus procesos de producción, un caso es la reducción de defectos que obtuvo AgraQuest en su planta de manufactura de México, donde por medio del proceso DMAIC, determinaron los CTQ's (variables críticas para la calidad) así como las causas vitales que ocasionan los defectos en los lotes para finalmente implementar mejoras , y obtener una reducción de 79% en los defectos encontrados [10].

Otro estudio realizado en Perú determinó que en este país si es posible mejorar procesos clave dentro de las organizaciones y eliminar defectos sistemáticos, desapareciendo las variaciones que inciden negativamente en los procesos o servicios. Es decir, existen empresas las cuales pueden apearse a la filosofía de gestión Seis Sigma, guiándose a través de resultados a corto plazo, centrarse en el crecimiento y desarrollo a largo plazo, publicar los resultados, admitir los errores y aprender de ambos, utilizar las herramientas Seis Sigma de forma apropiada, hacer que la alta dirección se responsabilice y colabore, entre otras [11], convirtiéndose en una referencia para aplicación de esta metodología en las empresas ecuatorianas. A esto se suma Chile y su implementación de la metodología DMAIC en los procesos productivos para la fabricación de chocolate, dando como resultado el registro de una

sigma inicial de 1,83, este aumentó a 3,87 luego de implementar las mejoras potenciales identificadas con el uso de la metodología ya mencionada, además que luego de la implementación de soluciones, las pérdidas disminuyeron a 137,3 kg por día promedio y desaparecieron los eventos especiales registrados en la etapa inicial [12], donde se muestra el panorama que posee Six Sigma dentro de las empresas alimenticias.

Debido a las exigencias del mercado y una dura competencia entre empresas del Ecuador, muchas de ellas han optado por integrar Six Sigma con su modelo DMAIC en sus procesos productivos, un ejemplo es la planta embotelladora Ecuador Bottling Company ubicada al norte de la ciudad de Quito, la cual tras la implementación de la metodología, logró mejorar los indicadores planteados para dicho estudio como rendimiento de edulcorante y eficiencias de líneas que desde hace meses se presentaban con problemas para cumplir con los objetivos planteados por la gerencia y Dirección de Operaciones de la empresa [13] , es así como más empresas ecuatorianas se suman a esta iniciativa; tal es el caso del control estadístico de la calidad con DMAIC analizado en los procesos productivos de Carrocerías Patricio Cepeda [14] demostrando que los defectos en los procesos provocan un nivel de sigma de 0.57σ , un nivel muy bajo y que pone en alerta a la empresa para tomar medidas inmediatas, por otra parte dentro de la industria textil, Creaciones Mabeliz cuenta con un Plan de Mejora de la Calidad gracias a un estudio Six Sigma implementado en los procesos productivos de la empresa [15].

Tras un estudio realizado en las Pymes de alimentos de la Provincia de Pichincha se demostró que la metodología DMAIC constituye una herramienta de mejora continua de la productividad en estas empresas [16], puesto que se enfoca en la eliminación de las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos, concentrándose en aquellos que son críticos o de valor para el cliente; además que deben medir su desempeño mediante indicadores de gestión, alinearlos a los objetivos estratégicos del negocio y ligarlos a planes de acción alcanzables, esto permitirá tomar las decisiones necesarias basándose en una metodología ordenada y no en base a recomendaciones o corazonadas.

En cuanto a una empresa de conservas alimenticias, esta metodología aportó con un plan de mejora, dando como resultados la disminución de variabilidad en los procesos, se eliminó el reproceso de pesaje de materias primas gracias a un “Check List” y se mejoró el control de calidad en los procesos de preparación ya que se eliminó la variación de operario a operario y el producto final pasó a ser el mismo independientemente de la persona que estuvo a cargo de la preparación del producto [17].

Dentro del ámbito investigativo, no se encontró empresas que elaboren helados y hayan implementado la metodología Six Sigma en sus procesos de producción, sin embargo existen empresas donde la principal materia prima, también es la leche y han optado por utilizar esta metodología en sus procesos, debido a que aporta de muchas maneras como que los procesos sean más eficientes mediante la reducción de desperdicios como movimientos, transportes, esperas y tiempos de valor no agregado, además que se pueden mejorar los CTQ's como el rendimiento de la materia prima y la reducción de variabilidad de los productos terminados [18].

En un estudio donde se propuso la implementación de la metodología Six Sigma para el proceso de embazado de leche, esta aporta de manera positiva puesto que toma la información para el posterior análisis y cuantificación del problema, así se exhiben las pérdidas numéricamente demostrándose lo crítico que es el proceso en su capacidad de cumplir los requerimientos y mediante la fase “Definición”, se puede denotar que hay múltiples partes afectadas a causa de la variabilidad del envasado, en la fase “Mejora”, se da a conocer estadísticamente el nivel de pérdidas de la empresa, cuantificando su variabilidad y rendimiento del proceso, por último con la aplicación de la metodología se puede realizar un plan programado, controlado y continuo de mejora para las empresas donde su materia prima sea la leche y sus derivados [19].

Una vez presentados los antecedentes, se puede decir que las empresas productoras de helados en la región, no han implementado la Metodología Six Sigma en sus procesos productivos, y han operado con cierto nivel de incertidumbre sobre su calidad; es por esto que resulta factible la aplicación del programa Six Sigma en “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”, de manera que

se pueda controlar y sugerir mejoras para sus procesos mediante el análisis de variabilidad.

1.1.3 Fundamentación teórica

Calidad

La calidad solo puede definirse de acuerdo al sujeto que la define, este puede ser el que oferta el producto o servicio y al cliente que percibe el mismo, en la mente del operario la calidad es que la empresa o compañía siga operando sin salirse del negocio; en cambio para el gerente de planta la calidad significa que, sacar los números esperados y cumplir con las especificaciones planteadas. La calidad para el cliente radica en lo que él quiere y le parece que cumple sus especificaciones. El objeto de los estudios realizados acerca de las preferencias de los consumidores, consiste en ajustar el producto al público, y no como en la publicidad, ajustar el público al producto [20].

Sin embargo, la definición de calidad más acertada se acerca al conjunto de cualidades de un producto o servicio que satisfagan las necesidades del cliente y tomando en cuenta que estas son cambiantes a través del tiempo, todo esto por el precio que tenga que pagar el usuario [20].

¿Qué es Six Sigma?

Six Sigma o también conocida en su traducción al español por Seis Sigma, es una metodología enfocada a mejora de procesos, fue creada en Motorola por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80, esta metodología se centra en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir en lo mínimo o eliminar los defectos o fallos presentes en un producto o servicio al momento de la entrega al cliente. El objetivo que persigue esta metodología es 6 Sigma, lo que significa llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto a cualquier evento que presente en un producto o servicio, este no logra cumplir las especificaciones o requisitos del cliente [21].

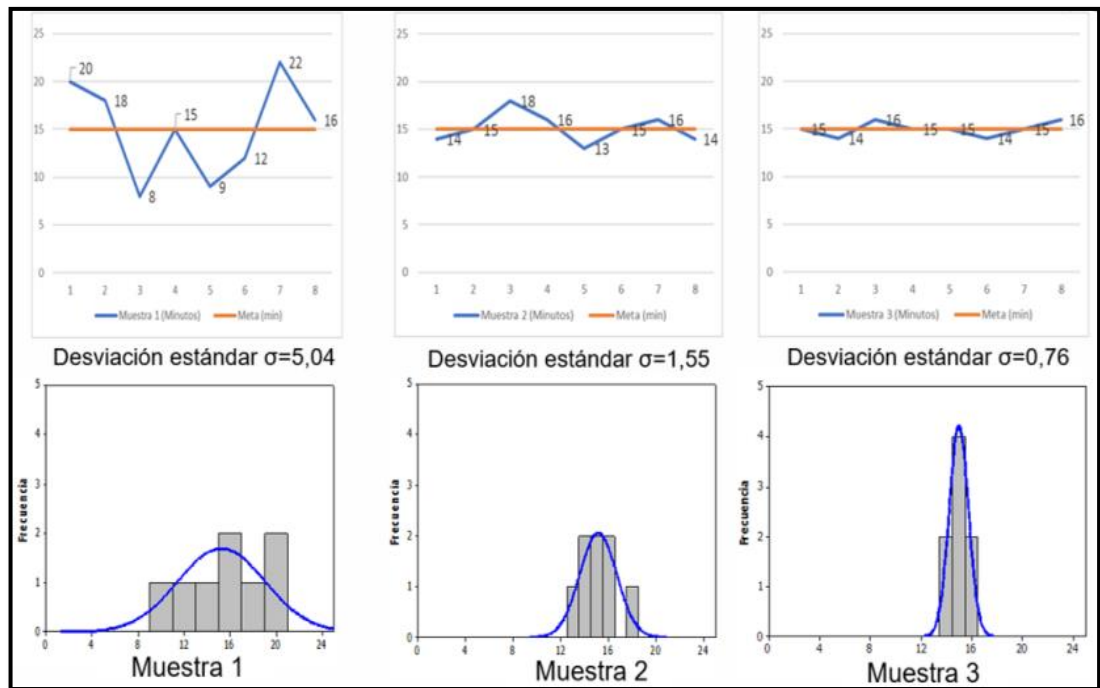


Figura 1 Desviación estándar [22]

Para comprender de mejor manera que es Six Sigma, primero se debe entender que es variación y como se mide. Sigma (σ) es una letra del alfabeto griego, esta es usada generalmente para representar la desviación estándar, que representa la dispersión de un conjunto de datos [22].

Como se muestra en la Figura 1, las muestras poseen una dispersión de datos diferentes y de acuerdo a esta, su valor de desviación estándar, por lo tanto, el proceso será mejor a medida que su desviación estándar o dispersión de datos disminuya [22].

Variabilidad

La variabilidad está presente en nuestra vida diaria; por ejemplo, el tiempo que tardamos en llegar a nuestro trabajo, escuela o colegio será diferente un día tras otro, la temperatura ambiente es diferente cada hora, inclusive el sabor de una bebida será diferente de un día a otro sin importar que se preparó de la misma manera etc. Así como esta variabilidad está presente en nuestro vivir diario, también se encuentra presente en los procesos productivos de las empresas. Esta variabilidad se refiere a la diversidad de resultados que puede tener una variable o un proceso [23].

Nivel sigma y desviación estándar

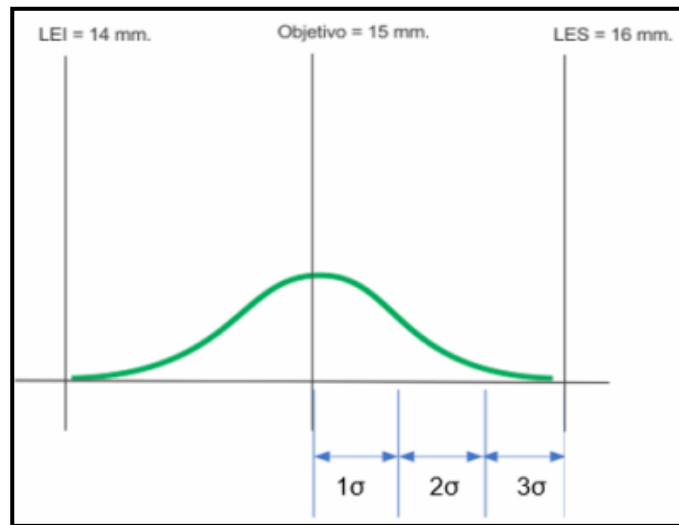


Figura 2 Nivel Sigma = 3 [22]

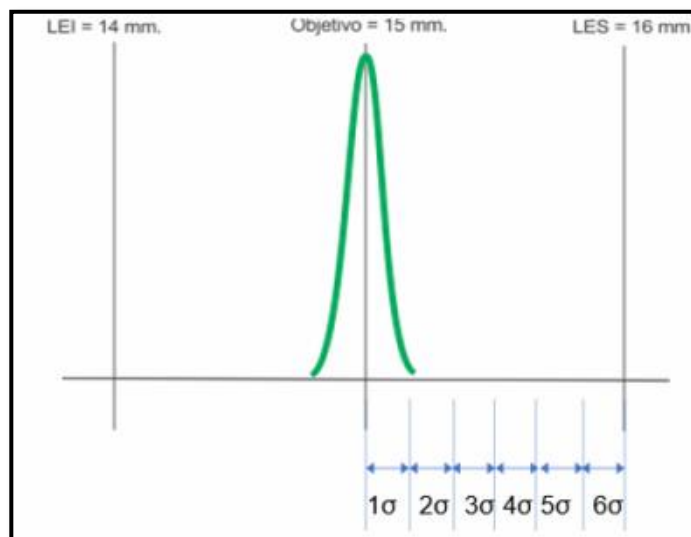


Figura 3 Nivel Sigma = 6 [22]

El nivel sigma se determina analizando cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso estudiado. En la Figura 2 se puede observar que el proceso tiene un nivel sigma 3 puesto que caben 3 desviaciones estándar entre la media y sus límites de especificación, a diferencia del proceso de la Figura 3 en este caben 6 desviaciones estándar entre los límites de especificación, obteniendo un nivel de 6 sigma. En conclusión, a menor variación del proceso, menor es su desviación estándar y por ende mayor su nivel sigma [21].

El nivel sigma es una manera de conocer el estado de los procesos, es decir, que tan buenos son y se relacionan con los defectos por millón de oportunidades (DPMO) y se relaciona de la siguiente manera:

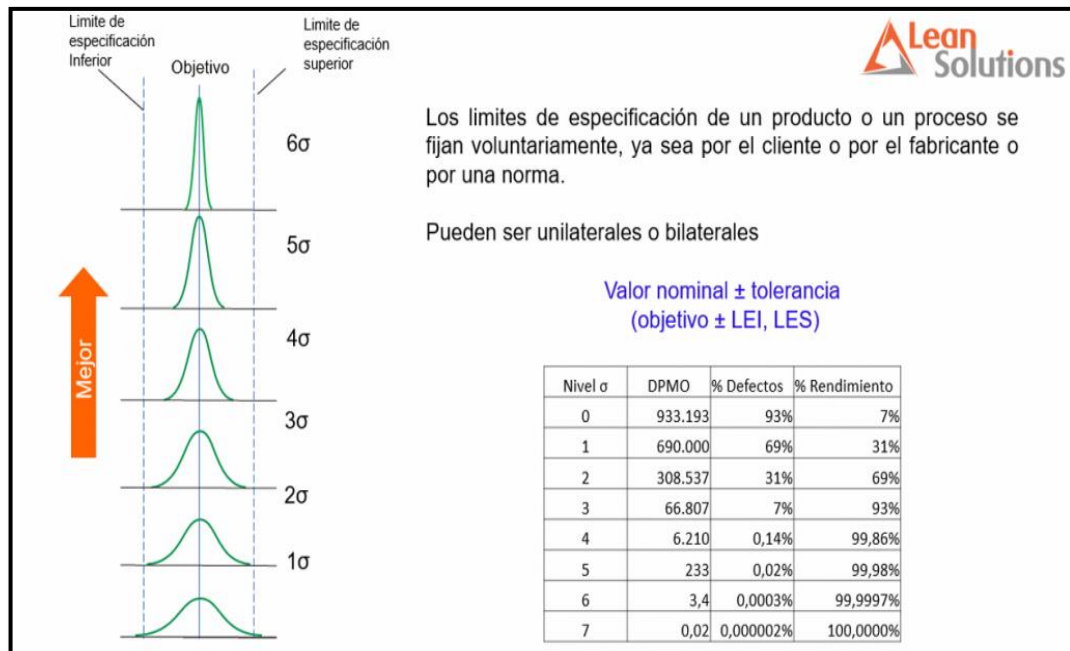


Figura 4 Relación DPMO-Nivel Sigma [21]

¿Cómo hacer llegar de 3 sigma a 6 sigma?

Six Sigma trae consigo un manual de instrucciones conocido como Ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) o también conocido como fases de un proyecto Six Sigma, que para su desarrollo se debe seguir en orden cada fase.

Etapas de un proyecto Six Sigma

Definir

En esta primera etapa se enfoca el proyecto y su objetivo, se delimita y se sienta las bases para su éxito y como medirlo, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto [23], los procesos productivos dentro de la empresa, quienes están a cargo de cada uno de ellos y cuáles son los de mayor prioridad. Además, se definen las necesidades de los clientes. Para su desarrollo se aplican ciertas herramientas como:

Entrevista

La entrevista es una técnica de gran importancia y utilidad en la investigación cualitativa para obtener información; esta se define como una conversación entre dos o más personas que responden a un formato de pregunta-respuesta con el fin de tener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto, además de ser un instrumento técnico que adopta la forma de un dialogo coloquial [24]. En la entrevista interviene el entrevistador, el cual realiza las preguntas, y el entrevistado, normalmente un experto en la materia de interés que las responde.

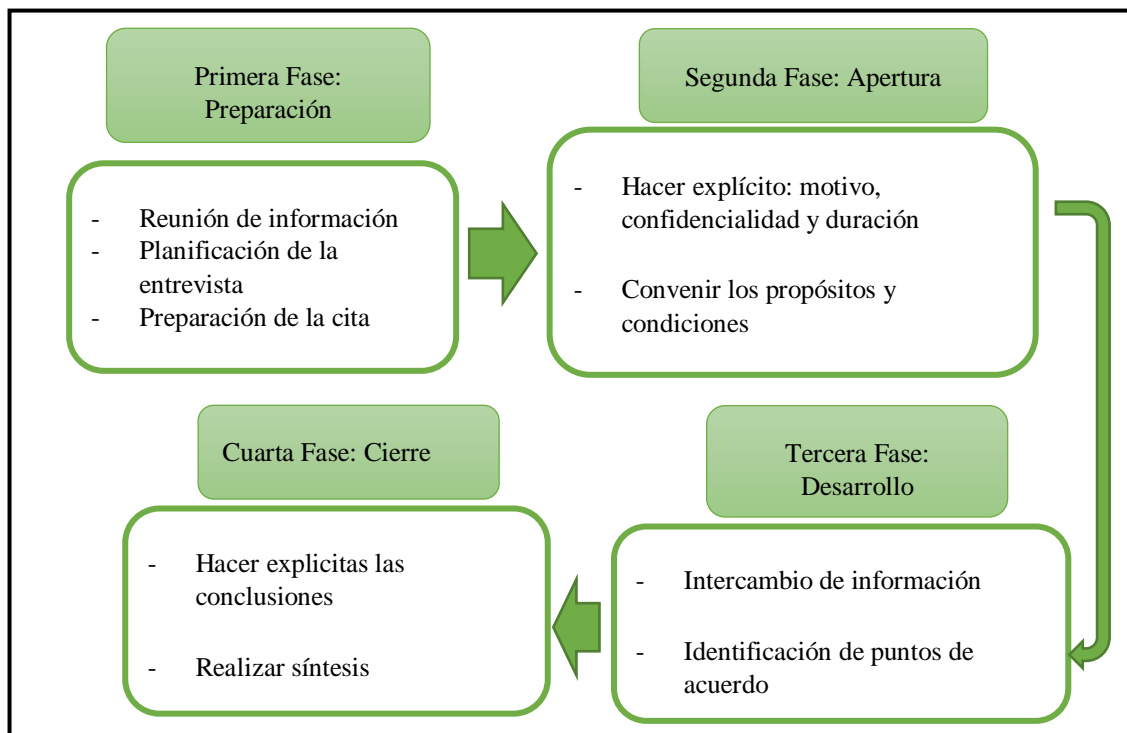


Figura 5 Fases de la entrevista [24]

Es una representación gráfica de la secuencia de las actividades o pasos de un proceso. A través de este diagrama se puede conocer en que consiste el proceso y como se relacionan diferentes actividades, también resulta de gran utilidad al momento de analizar y mejorar el proceso [23]. En la Figura 6 se muestra la simbología utilizada para la elaboración de un diagrama de flujo de proceso con su respectivo significado.







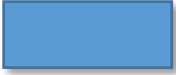



| Símbolo | Significado | Símbolo | Significado |
|---|---|--|---|
|  | Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso. |  | Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso. |
|  | Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo “SI”-“NO” |  | Documento: Documento utilizado en el proceso. |
|  | Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente. |  | Inspección/Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión. |
|  | Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continua el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso. |  | Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente. |
|  | Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos. |  | Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso. |

Figura 6 Simbología para la elaboración de un diagrama de flujo de proceso [25]

5W y 1H

Las 5W y 1H es una herramienta de análisis empresarial que consiste en responder seis preguntas básicas:

- qué (WHAT)
- por qué (WHY)
- cuándo (WHEN)
- dónde (WHERE)
- quién (WHO)
- cómo (HOW)

Esta herramienta fue creada por Lasswell en 1979, puede considerarse también como una lista de verificación mediante la cual se puede generar actividades o estrategias para implementar una mejora [26].

| | |
|---------------------------------------|--|
| WHAT ¿QUE? | WHY ¿POR QUE? |
| ¿Que se hace ahora? | ¿Por qué se hace así ahora? |
| ¿Que se ha estado haciendo? | ¿Por qué debe hacerse? |
| ¿Que debería hacerse? | ¿Por qué hacerlo en ese lugar? |
| ¿Que otra cosa podría hacerse? | ¿Por qué hacerlo en este momento? |
| ¿Que otra cosa debería hacerse? | ¿Por qué hacerlo de esta manera? |
| WHO ¿QUIEN? | WHERE ¿DONDE? |
| ¿Quién lo hará? | ¿Dónde se hará? |
| ¿Quién lo está haciendo? | ¿Dónde se está haciendo? |
| ¿Quién debería estarlo haciendo? | ¿Dónde debería hacerse? |
| ¿Quién otro podrá hacerlo? | ¿En que otro lugar podría hacerse? |
| ¿Quien mas debería hacerlo? | ¿En que otro lugar debería hacerse? |
| WHEN ¿CUANDO? | HOW ¿COMO? |
| ¿Cuándo se hará? | ¿Cómo se hace actualmente? |
| ¿Cuándo terminará? | ¿Cómo se hará? |
| ¿Cuándo debería hacerse? | ¿Cómo debería hacerse? |
| ¿En qué otra ocasión podría hacerse? | ¿Cómo usar este método en otras áreas? |
| ¿En que otra ocasión debería hacerse? | ¿Cómo hacerlo de otro modo? |

Figura 7 Ejemplo de preguntas para 5W y 1H [27]

Observación directa

Este método de recolección de información consiste en un registro sistemático, valido y confiable de comportamientos y situaciones que se pueden observar, por medio de un conjunto de categorías y subcategorías [28]. Todo esto sin la necesidad de intervenir en el ambiente donde se desarrolla el objeto de estudio y al mismo tiempo asegurarse que la información recolectada es válida.

Diagrama de Pareto

Se sabe que más del 80% de los problemas en una organización se deben a causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera estable sobre los procesos. Sin embargo, en la mayoría de procesos son pocos los problemas que aportan en gran medida a una problemática global de un proceso o una empresa.

Con esta premisa nace el diagrama de Pareto, el cual es un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, debido a que se ordenan por orden de importancia a

los problemas presentes en un proceso, el objetivo es que cuando se quiera mejorar un proceso o atender a sus problemas, no se produzcan “palos de ciego” al tratar con todos los problemas al mismo tiempo, sino que basándose en datos e información recolectada y procesada por medio de un análisis estadístico, los esfuerzos se enfoquen a donde puedan tener mayor impacto.

La viabilidad y utilidad de esta herramienta se respalda en el llamado *principio de Pareto*, también conocido como “Ley del 80-20” o también “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se identifican que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos aportan muy poco del efecto total. En otras palabras, se refiere a que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto [23].

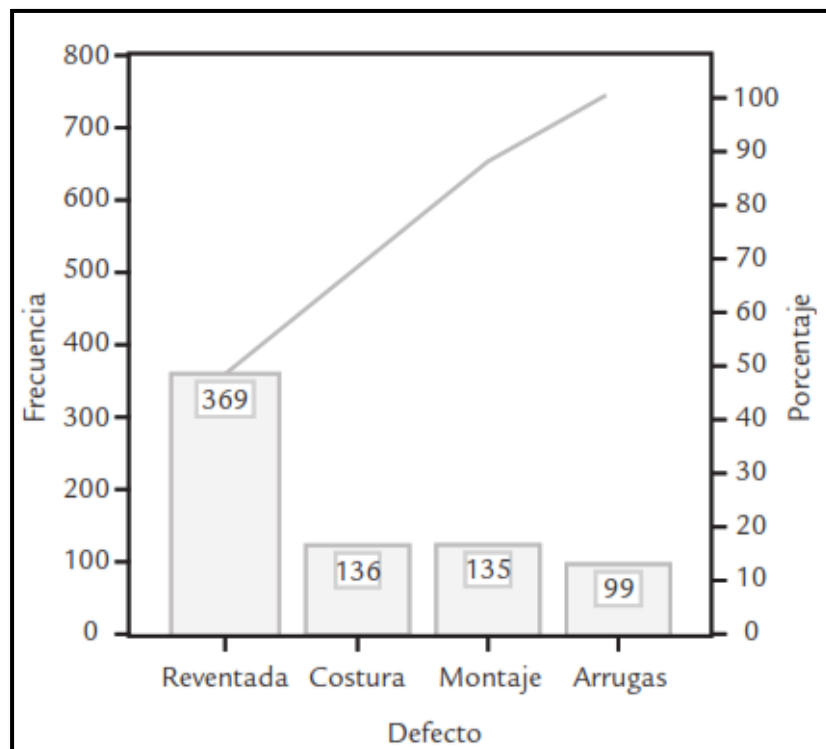


Figura 8 Ejemplo de diagrama de Pareto [23]

Medir

En esta etapa se entiende con mayor detalle los procesos y su situación actual, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas y se establece la línea base. El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del

problema o situación que se aborda con el proyecto. Además, se analiza la calidad de las mediciones [23]. Entre las herramientas para ejecutar esta fase se puede encontrar:

Lluvia de ideas

Es una forma de pensamiento creativo con el fin de que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema en específico y de sus soluciones posibles. Se recomienda que las sesiones de lluvia de ideas sean llevadas a cabo como un proceso disciplinado a través de pasos ordenados secuencialmente [23]. Además, que ayuda a trabajar en equipo, permitiendo la reflexión y el dialogo para producir un amplio número de soluciones a la problemática, ya que anima a los integrantes del grupo a expresar sus ideas abiertamente para luego elegir las más adecuadas [29].



Figura 9 Fase de la tormenta o lluvia de ideas [29]

Diagrama causa – efecto

El diagrama causa-efecto o también conocido como de *Ishikawa* es un método gráfico que relaciona un problema o efecto, con los factores o causas que pueden generarlo. Su importancia radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema de estudio, de esta manera se evite errores al momento de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuales son las verdaderas causas. Existen tres tipos de este diagrama, los cuales son básicos, esto dependerá de la manera en cómo se buscan y se organizan las causas de la gráfica, el más utilizado es el de las 6M [23].

- Método de las 6 M

Este método es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): mano de obra, métodos de trabajo, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos son los que definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M [23].

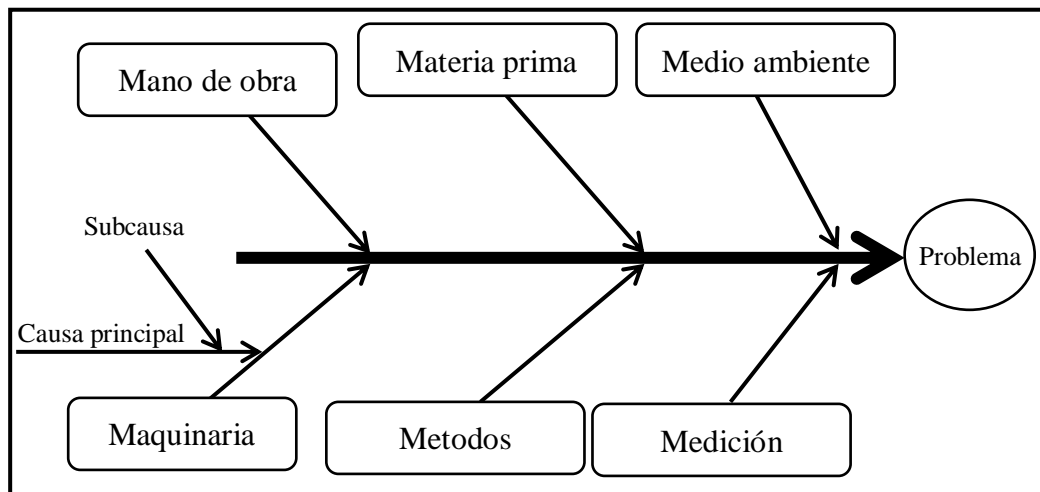


Figura 10 Representación de un diagrama causa-efecto (método de las 6M) [30]

Hojas de verificación (obtención de datos)

La hoja de verificación es un formato elaborado para recaudar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y al mismo tiempo fácil de analizarlos. Una correcta hoja de verificación debe reunir las características las cuales, visualmente, permita

realizar primero un análisis con el fin de identificar las principales características de la información buscada [23]. Entre las situaciones que resulta de utilidad tenemos:

- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el fin de identificar sus magnitudes, causas, tipos de fallas, áreas de su origen, entre otras.
- Afirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Verificar o analizar operaciones y evaluar el resultado de los planes de mejora.

| Hoja de verificación | | |
|----------------------|----------------------------|------------------|
| Producto: _____ | | Fecha: _____ |
| | | Inspector: _____ |
| Defectuosa por | Frecuencia | Subtotal |
| Movida | ///// ///// ///// ///// // | 24 |
| Mordida | ///// / | 6 |
| Ángulo | ///// ///// ///// // | 17 |
| Otros | //// | 4 |
| | Total | 51 |

Figura 11 Hoja de verificación para productos defectuosos [23]

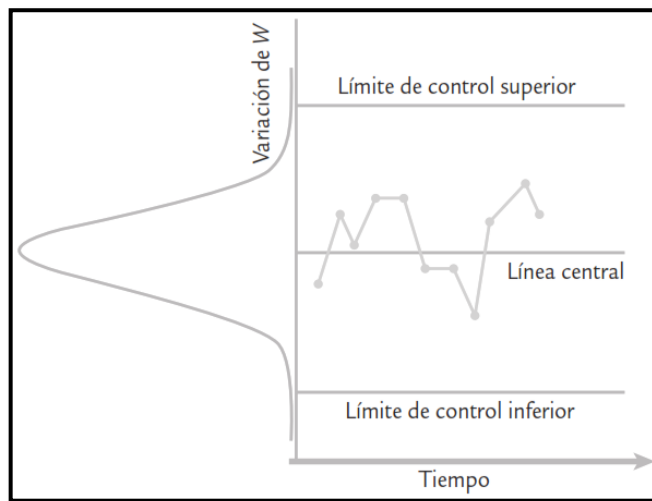
Cartas de control

El objetivo principal de una carta de control es observar y analizar el comportamiento o la variabilidad de un proceso a través del tiempo, esto hace posible diferenciar entre variaciones por causas comunes y especiales o atribuibles, lo que ayudara a conocer el funcionamiento del proceso y decidir acerca de las mejores acciones de control y mejora. Cuando hablamos de analizar el proceso nos referimos principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero estas cartas también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables de entrada o de control del proceso mismo [23].

- Límites de control

Lo primordial que se debe tener en cuenta con respecto a los límites de una carta de control, es que estos no son las especificaciones o tolerancias para el proceso. Al contrario, se calculan a partir de la variación del estadístico (datos recolectados) que se los representa en la carta. De esta manera, la clave está en fijar los límites para cubrir cierto porcentaje de variación natural del proceso analizado [23].

Figura 12 Idea y elementos de una carta de control [23]



Cartas de control para atributos

- Carta p (proporción de defectuosos)

La carta p (proporción de defectuosos) fue la primera carta de control que existió y al ser propuesta por Shewhart a través de un memorándum el día 16 de mayo de 1924, en esta fecha se marcó el inicio del llamado control estadístico de procesos. Por medio de la carta p se monitorean las variaciones en la fracción o proporción de artículos defectuosos ya sea por muestra o subgrupo. Su objetivo fundamental es la detección oportuna de causas especiales que puedan incrementar la proporción de productos defectuosos de un determinado proceso. En general esta herramienta alerta cuando se da un cambio significativo en este tipo de procesos, estos cambios pueden ser deseables o indeseables en términos de los niveles de calidad [23].

La Tabla 1 muestra los datos para el proceso de empaquetado de salchichas para lo cual se requiere una carta p Figura 13 a manera de ejemplo.

Tabla 1 Datos para ejemplo del proceso de empaquetado de salchichas [23]

| Subgrupo | Paquetes, n_i | Paquetes con aire, d_i | Proporción p_i | Subgrupo | Paquetes, n_i | Paquetes con aire, d_i | Proporción p_i |
|----------|-----------------|--------------------------|------------------|----------|-----------------|--------------------------|------------------|
| 29 | 604 | 6 | 0.010 | 35 | 607 | 8 | 0.013 |
| 30 | 605 | 5 | 0.008 | 36 | 596 | 15 | 0.025 |
| 31 | 597 | 7 | 0.012 | 37 | 598 | 4 | 0.007 |
| 32 | 603 | 9 | 0.015 | 38 | 600 | 6 | 0.010 |
| 33 | 596 | 5 | 0.008 | 39 | 608 | 8 | 0.013 |
| 34 | 597 | 3 | 0.005 | 40 | 592 | 5 | 0.008 |

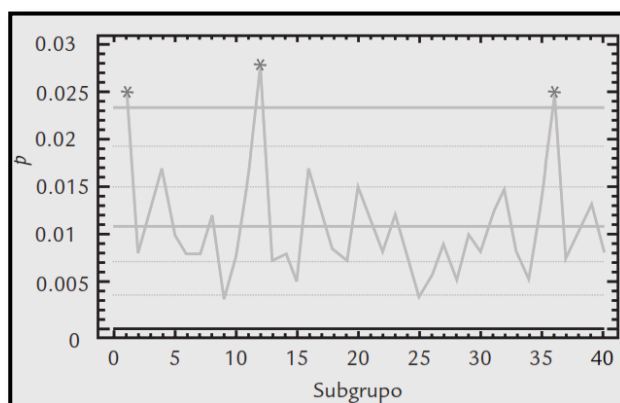


Figura 13 Carta de control p para el proceso de empaquetado de salchichas [23]

Índices de capacidad de proceso

Los procesos poseen variables de salida o se respuesta, las cuales deben tener ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud su variación natural para una característica de calidad dada, lo que hará posible saber en qué magnitud esta característica de calidad es satisfactoria, en otras palabras, cumple con las especificaciones.

- Índice C_p

Es un indicador de la capacidad potencial del proceso, el cual resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso. Para que un proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con sus especificaciones, se necesita que la variación real o natural, siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que se desea que el índice

C_p sea mayor que 1; y si al contrario este es menor que 1, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones [23].

Métricas Six Sigma

Calidad de tipo Seis Sigma o los procesos Six Sigma se refieren a un concepto que plantea una aspiración o meta común en común dirigido a todos los procesos de una organización. El termino se tomó en el decenio de 1980 – 1989, y este le dio su nombre al programa de mejora Six Sigma.

- Índice Z

Otra manera de medir la capacidad del proceso es mediante el índice Z, este índice consiste en calcular la distancia entre las especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar (σ).

- PPM

Partes defectuosas por millón, se la utiliza para determinar el número de defectos que se pueden encontrar por 1 millón de unidades producidas, se la utiliza cuando las variables a estudiar siguen una distribución binomial, es decir un artículo pasa o no pasa independientemente del número de defectos que presente.

- DPMO

Defectos por millón de oportunidades de error, se la utiliza cuando las variables siguen una distribución de Poisson, donde un artículo puede tener más de un defecto y no necesariamente debe rechazarse.

- Índice Yield (Y)

Corresponde el desempeño de un proceso y es una, valor el cual se interpreta como la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos al pasar por un proceso o por un cierto número de procesos [23].

Estudios de repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición

Un estudio de repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición ayuda a investigar:

- Repetibilidad: Se refiere a que tanto de la variabilidad en un sistema de medición es ocasionada por el dispositivo de medición.
- Reproducibilidad: Se refiere a que tanto de la variabilidad en un sistema de medición es ocasionada por la diferencia entre los operadores.
- Si la variabilidad del sistema de medición es corta en comparación con la variabilidad del proceso.

Un ejemplo es un grupo de operadores que miden el diámetro de los tornillos para asegurarse de que cumplen las especificaciones, al realizar un estudio R&R del sistema de medición, este indica si los inspectores son consistentes al medir la misma parte (repetibilidad) y si la variación entre los inspectores es consistente (reproducibilidad) [31].

Estudios R&R para atributos

Permite evaluar o valorar la consistencia de procesos de medición basados en dispositivos o en evaluaciones subjetivas que son realizadas por inspectores, los mismos que clasifican las piezas en pocas categorías, por ejemplo, defectuosa o no [23].

Analizar

Consiste en la tercera etapa de DMAIC, en donde el objetivo principal es identificar la(s) causa(s) raíz de la problemática (identificar las X vitales), comprender como éstas generan el problema y confirmar sus causas con datos. Para encontrar las X vitales primero se debe identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas de los problemas. Las herramientas de utilidad para esta fase son muy variadas dependiendo de la necesidad, por ejemplo, Pareto de segundo nivel, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa o causa-efecto, estratificación, cartas de control (atributos o variables continuas), mapeo de procesos, los 5 por qué, diagrama de dispersión, diseño de experimentos, entre otras [23].

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de fallas (*AMEF*), permite reconocer las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, maneras de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso, será necesario generar acciones que permitan eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas [23].

5 por qué

Es una técnica que busca profundizar en el análisis de causas, preguntando y respondiendo de manera sucesiva el porqué de un problema hasta encontrar su causa raíz [23].

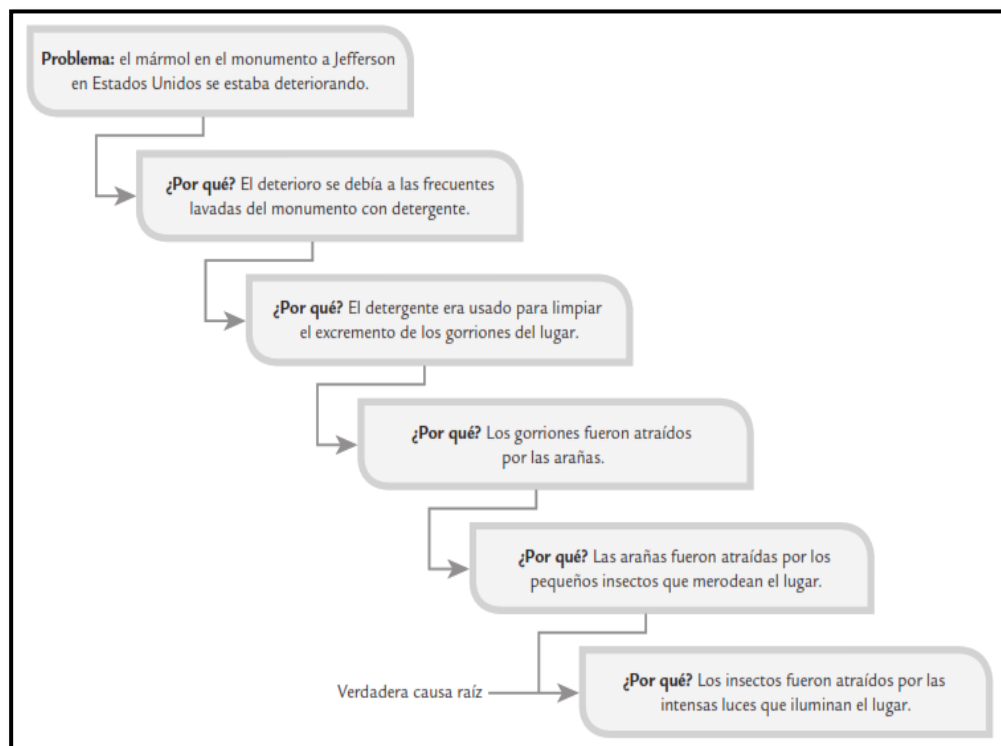


Figura 14 Herramienta de los cinco por qué en la búsqueda de las causas raíz de un problema [23]

Mejora

Es la cuarta fase de la metodología Six Sigma, su objetivo principal es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; en otras palabras, asegurarse de que se corrija o se reduzca el problema. Lo recomendable es generar diferentes

alternativas de solución que atiendan las diferentes causas, apoyándose en herramientas como: técnicas de creatividad, lluvia de ideas, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, entre otras. Lo fundamental es pensar en soluciones que ataquen a la fuente del problema (causa raíz) y no al efecto [23].

Poka Yoke

Las técnicas o mecanismos a prueba de errores o también conocidos como Poka Yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos, antes de que estos se conviertan en defectos, haciendo posible que las personas involucradas se concentren en sus actividades. Los sistemas Poka Yoke permiten ejecutar la inspección al 100%, por ende, tomar acciones inmediatas cuando se presenten defectos [32]. El termino Poka Yoke viene de origen japonés:

poka (errores inadvertidos)

yokeru (evitar)

Algunas de las aplicaciones y usos de Poka Yoke [32] son:

- Garantizar la calidad en cada puesto de trabajo.
- Proporciona conocimiento a los trabajadores acerca de las operaciones.
- Elimina o disminuye la posibilidad de cometer errores.
- Evita accidentes ocasionados por distracciones.
- Elimina acciones que dependen de la memoria y la inspección.
- Libera la mente de los trabajadores permitiéndoles desarrollar su creatividad.

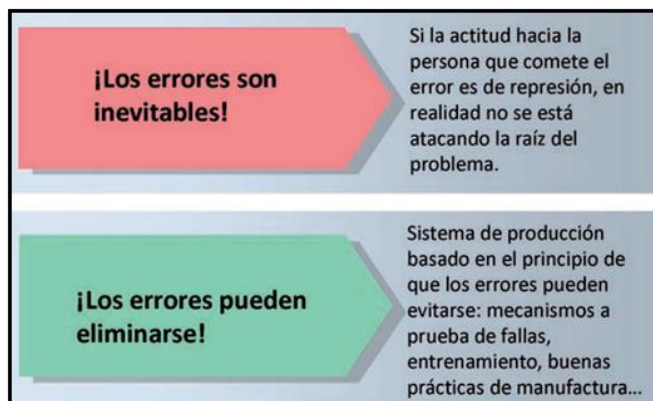


Figura 15 ¿Qué actitud tomar ante el error? [32]

Matriz de prioridades (esfuerzo vs beneficio)

Es un matriz de 2x2 muy útil cuando se requiere agrupar ideas o actividades, según el nivel de esfuerzo que requieran (financiero, tiempo, recursos, etc.), contra el impacto o beneficio (resultados, utilidad, crecimiento, etc.) que puedan traer luego de su implementación [33].

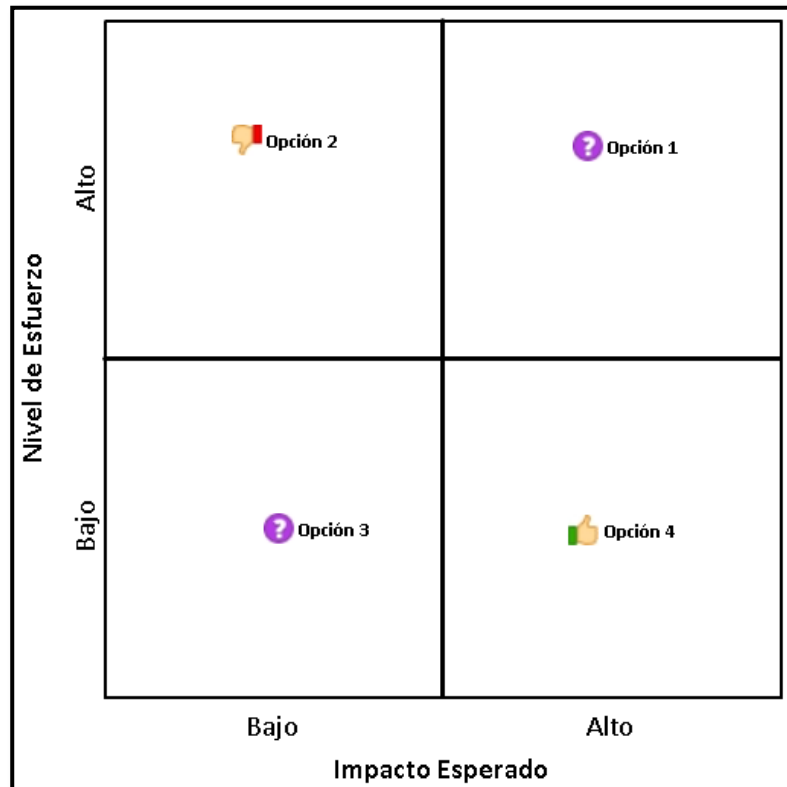


Figura 16 Estructura matriz esfuerzo Vs. impacto [33]

Las categorías de los cuadrantes de esta matriz se identifican como:

Implementar: Impacto Alto / Esfuerzo Bajo - Beneficio alto / fácil de implementar

Reto: Impacto Alto / Esfuerzo Alto - Beneficio alto / difícil de implementar

Posible: Impacto bajo / Esfuerzo bajo - Beneficio bajo / fácil de implementar

Descartado: Impacto bajo / Esfuerzo alto - Beneficio bajo / difícil de implementar

[34]

Plan de acción (5W 2H)

5W2H es una herramienta de gestión que por medio de sus 7 cuestionamientos nos permite construir un plan de acción de forma sistemática y estructurada. La aplicación de este plan es sencilla y puede realizarse individual o en grupo. Cuando hablamos de cuestionamientos, nos referimos a:

What? - ¿Qué?: Lo que se quiere realizar.

Why? - ¿Por qué?: La razón por la cual se quiere realizar la actividad.

When? - ¿Cuándo?: En qué momento se va a implementar la idea. Además de tener el punto de partida, también es necesario cuando se culminará la acción.

Where? - ¿Dónde?: En qué lugar o sitio se va a realizar la acción.

Who? - ¿Quién?: la persona, entidad, grupo, etc., que se va a encargar de realizar la acción. Es el responsable de la ejecución.

How? - ¿Cómo?: De qué manera se lo va a realizar, los procedimientos, como llegar al objetivo.

How Much? - ¿Cuánto?: Cuánto va a costar la implantación de las acciones [35].

Análisis de factibilidad

Un análisis de factibilidad de un proyecto es una herramienta que se utiliza para conducir la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto, se la utiliza en la última fase pre-operativa de formulación del proyecto y sirve para reconocer las posibilidades tanto de éxito como de fracaso de un proyecto de inversión, por medio de esto se podrá decidir, si proceder o no con la implementación [36].

Control

Ya con las mejoras alcanzadas, en esta última etapa de DMAIC se elabora un sistema que mantenga las mejoras logradas, es decir controlar las X vitales, y se cierre el proyecto. En varias ocasiones esta etapa es la más dolorosa o difícil, debido a que se

trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Aquello implica la participación activa y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo cual se pueden presentar resistencias y complicaciones. Debido a esto es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que presentaba el proceso no se vuelvan a repetir.
- Conservar el desempeño del proceso.
- Incentivar la mejora continua.
- Evitar que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden [23].

1.2 Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis de variabilidad en el proceso de elaboración de helados de la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” utilizando la metodología Six Sigma.

Objetivos específicos

- Describir el proceso de elaboración de helados en la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”
- Analizar las causas de variabilidad en el proceso de elaboración de helados.
- Establecer propuestas de mejora y control para la reducción de variabilidad en el proceso de elaboración de helados en la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Métodos

La presente investigación corresponde a un estudio transversal puesto que analiza los datos de variables constantes recolectados en un mes de observación, tomando una muestra de la población del producto de mayor demanda elaborado durante esos días. Tendrá un enfoque cuali-cuantitativo, primero porque busca errores en los productos a simple vista que perjudica su calidad, además que nos permitirá explorar y describir las fuentes de variabilidad. Cuantitativo porque la metodología Six Sigma representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, además que partimos de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, derivan objetivos y preguntas de investigación, de las cuales se determinan variables; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones [28], de las cuales se pueda extraer propuestas de mejora a favor del nivel de calidad de los procesos productivos de la empresa. Se utiliza una investigación bibliográfica – documental, de campo, y exploratoria debido a las necesidades del proyecto.

2.1.1 Modalidad de investigación

Investigación bibliográfica – documental

Se realiza una investigación bibliográfica-documental en libros, tesis de tercer nivel, artículos científicos entre otros a manera de obtener información relevante acerca del tema de estudio, antecedentes investigativos, así como trabajos ya realizados con anterioridad que sirven de sustento científico del proyecto, se analiza las herramientas y técnicas utilizadas por otros autores, así como sus resultados y posibles soluciones para la problemática. Se utiliza de igual manera la información de libros proporcionados por la biblioteca de la universidad, así como trabajos de titulación realizados con anterioridad por alumnos, y que tengan cierto grado de similitud con la problemática estudiada.

Investigación de campo

Se aplica una investigación de campo, debido a que el estudio se lo realiza en el área de producción de la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”, realizando visitas regulares al “Gemba” o lugar de trabajo, una filosofía muy conocida dentro de Lean, de aquí, se recolectará la información necesaria para su posterior análisis.

Modalidad exploratoria

Se aplica esta modalidad debido a que la metodología planteada no ha sido implementada y reconocida en fábricas de la región, es necesario conocer, analizar, verificar y explorar las causas que generan la variabilidad en la producción de helados, además de identificar el estado en el que se encuentra la empresa y sus necesidades en el ámbito de calidad.

Investigación aplicada

Se utiliza este tipo de investigación ya que dentro del estudio se aplica conocimientos obtenidos a través de toda la carrera, con el fin de encontrar soluciones a los problemas que presenta la empresa con su producto de mayor demanda; así también el conocer la variabilidad y estado de sus procesos productivos.

2.1.2 Población y muestra

Al ser un estudio transversal, este no contará con una población o muestra de personas, sin embargo, se tomará una muestra diaria del producto de mayor demanda durante el periodo de 1 mes, debido a que la producción sobrepasa las 1000 unidades/día; se utilizará un muestreo aleatorio por conglomerados puesto que los procesos son continuos y el tiempo es corto.

2.1.3 Recolección de información

Se establece un periodo de observación de 1 mes (días laborables) para que los datos sean lo más confiables posibles, si el tamaño de la población es considerable se debe tomar una muestra de esta, las visitas se la realizan en la mañana debido a que la elaboración del producto de mayor demanda se lo realiza en ese horario, se utiliza un muestreo aleatorio por conglomerados debido al tiempo y que los procesos son

continuos. Se utilizan diferentes tipos de técnicas y herramientas para la recolección de información:

Técnicas

- **Observación directa:** Esta se realizará en el área de producción de helados donde se podrá observar los procesos que presenten algún problema, al mismo tiempo el estado de los mismos y como su variabilidad se relaciona con la calidad del producto final.
- **Entrevista:** La misma que será dirigida al jefe de producción de “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”, con preguntas abiertas y cerradas, todo esto para conocer cada uno de los procesos productivos, así como los problemas en ellos, los defectos en el producto de mayor demanda, sus causas raíz y posibles soluciones.

Herramientas por etapas de la metodología Six Sigma

- **Definir:** En esta etapa se utilizarán herramientas como diagrama de flujo de procesos, 5W 1H, diagrama de Pareto, para definir el objetivo del proyecto, conocer la empresa y sus procesos productivos, identificar problemas, los requerimientos CTQ's, y establecer el equipo de trabajo.
- **Medir:** La finalidad de esta etapa es conocer el estado actual de los procesos a mejorar, por lo cual se utilizará diagramas causa – efecto, lluvia de ideas, hojas de verificación, diagramas de Pareto, índices de capacidad, métricas de calidad Six Sigma, estudios R&R (repetibilidad y reproducibilidad).
- **Analizar:** Herramientas como análisis de modo y efecto de fallas, 5 por qué, lluvia de ideas.
- **Mejorar:** Se aplicarán herramientas como lluvia de ideas, matriz de prioridades, plan de acción (5W 2H), análisis de factibilidad, opciones que permitirán elaborar propuestas de mejora continua para los procesos críticos.

- **Control:** Cartas de control, planes de muestreo de aceptación, estudios de tiempos, registros de asistencia (capacitaciones), curvas de aprendizaje, planes de mantenimiento, análisis de modo y efecto de fallas ya sea elaborado inicialmente como el actualizado.

2.1.4 Procesamiento y análisis de datos

Se utiliza programas informáticos tales como Microsoft Word para procesar texto, así como para la elaboración de diagramas, gráficas, entre otros. Microsoft Visio para la elaboración de diagramas de proceso. En lo que respecta a datos continuos recolectados para la fase de medir, se utiliza Microsoft Excel para su procesamiento y análisis por medio de las gráficas proporcionadas por el mismo programa, así como Minitab para comprobar ciertos parámetros calculados manualmente.

2.1.5 Desarrollo del proyecto

Six sigma trae consigo un manual de instrucciones llamada ciclo DMAIC el cual se lo denomina así por sus siglas en inglés, dado esto, para la elaboración del proyecto se han dividido sus actividades por cada etapa con sus respectivas actividades cada una, esto dependerá del tipo de variable analiza, cuantitativa o cualitativa:

Definir

En esta primera etapa se pone en claro el objetivo del proyecto, la manera de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto [23], los procesos productivos dentro de la empresa, quienes están a cargo de cada uno de ellos y cuáles son los de mayor prioridad. Además, se definen las necesidades de los clientes, ya sean estos externos e internos, lo que cubrirá las necesidades de todos ellos.

En la Figura 17 se presenta un resumen de los pasos a ejecutarse en la Fase de definición y su posterior explicación:

| Proceso | Objetivo | Recolección y análisis de datos |
|---------------------------------------|---|---|
| Definición del proyecto y su objetivo | Definir el proyecto y el objetivo del mismo. | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Diagrama de flujo de los procesos - 5W 1H - Observación directa |
| Identificación de Problemas Vitales | Jerarquizar las características que afectan directamente o variables críticas. | <ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Pareto - Entrevista - Observación directa |
| Identificación de CTQ's | Identificar los clientes y sus requerimientos críticos. | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Organizador con los CTQ's encontrados |
| Alcance del proyecto | Definir el alcance del proyecto y describir los beneficios potenciales. | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Observación Directa - Diagramas de Pareto |
| Definición del equipo de trabajo | Definir las personas a cargo del desarrollo del Proyecto Six Sigma, y responsables del éxito del mismo. | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Tabla del equipo de trabajo |

Figura 17 Pasos para la fase DEFINIR

Definición del proyecto y su objetivo

Se recolecta la información necesaria en un cuaderno de apuntes acerca de la empresa por medio de una entrevista al jefe de producción y observación directa, con esta

información se tiene un conocimiento acerca de las actividades que desarrolla la misma, además que servirá para la elaboración de diagramas de flujo de los procesos; esto se realiza debido a que es necesario representar las operaciones de una forma secuencial y organizada, en la tabla de la Figura 6 se muestra la simbología a utilizarse. De la misma manera por medio de la entrevista se conocen los problemas que tiene la empresa en el ámbito de la calidad de sus productos. Con la ayuda del entrevistado se utiliza la herramienta 5W 1H de acuerdo al Anexo 1 para definir el proyecto y su objetivo, todo esto se realiza con herramientas del programa Word y Visio.

Identificación de problemas vitales

Es necesario identificar si existen productos de mayor demanda para trabajar sobre ellos y que el estudio sea más específico, para esto se realiza la entrevista al departamento contable donde se solicita la información necesaria acerca de la demanda de los diferentes tipos de helados, así también junto al personal y jefe de producción se identifican los principales defectos presentes en los productos, para la recolección de los diferentes tipos de defectos se utiliza hojas de verificación, en el caso que la empresa no cuente con dichas hojas, el investigador propone un modelo Anexo 2, si la población de productos es considerable se toma una muestra de la misma, la fórmula que se utiliza para calcular el tamaño de muestra [37] se detalla en la Ecuación 1 para esto se utiliza el muestreo aleatorio por conglomerados debido al tiempo y a los procesos continuos.

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq} \quad (1)$$

En donde:

n = Tamaño de muestra (Variable Cualitativa Población Finita)

N = Tamaño de la población

Z = Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (50% si no existen estudios previos)

$q = 1-p$ (Probabilidad que no ocurra el evento estudiado)

E = Error de estimación máximo aceptado (Lo coloca el investigador)

Los datos recolectados se procesan en un diagrama de Pareto cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas, para la elaboración del Pareto se utiliza el programa Excel; de esta manera identificar las variables críticas que provocan el rechazo de un producto.

Identificación de CTQ's

Un CTQ (critical to quality) es una característica de un producto o servicio que satisface un requerimiento crítico del cliente [38], para esto primero se identifica todos los clientes potenciales ubicándolos en la Tabla 2 luego se realiza un mapa de necesidades del cliente por medio de entrevistas al departamento administrativo y de producción, para finalmente identificar los requerimientos críticos y plasmarlos en un organizador gráfico en Word como se muestra en la Figura 18.

Tabla 2 Identificación de los clientes potenciales

| Clientes Internos | | Clientes Externos | |
|-------------------|--------------------|-------------------|---------|
| Cliente | Proceso y/o Tareas | Cliente | Detalle |

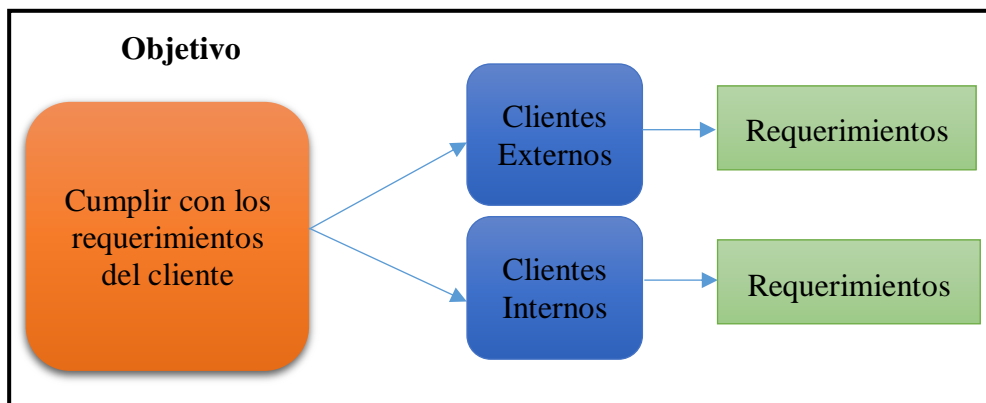


Figura 18 Organizador de requerimientos de los clientes encontrados

Alcance

Al igual todo estudio Six Sigma, el proyecto debe ser delimitado una vez analizado los tipos de productos y los principales defectos encontrados en ellos, todo por medio de herramientas de control de calidad y una lluvia de ideas con el personal a cargo (jefe de producción), se establece el alcance del estudio, así como los beneficios potenciales del proyecto Six Sigma.

Definición del equipo de trabajo

Para la aplicación de la metodología Six Sigma dentro de la empresa se necesita conformar un equipo de trabajo que conozcan de los problemas presentes actualmente, así como de los procesos productivos, cada uno con tareas diferentes dependiendo de su conocimiento, dichas tareas deben cumplirse estrictamente para el éxito del proyecto, se elabora una tabla con los integrantes, el cargo que ocupan dentro de la empresa, las etapas DMAIC en las que se involucraran además de las funciones y tareas que deberán cumplir, la Tabla 3 desarrollada en Word muestra un modelo para la distribución del equipo de trabajo.

Tabla 3 Modelo de distribución del equipo de trabajo

| Nivel Jerárquico | Cargo en la Empresa | Etapas a Involucrarse(DMAIC) | Funciones y/o Tareas |
|------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|
| | | | |

Medir

En esta etapa se entiende con mayor detalle los procesos y su situación actual, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas y se establece la línea base. El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto [23].

En la Figura 19 se presenta un resumen de los pasos a ejecutarse en la fase de Medir y su posterior explicación.

| Proceso | Objetivo | Recolección y análisis de datos |
|---|--|--|
| Identificación de la medición | Analizar mejor el problema, sus posibles causas e identificar las variables del estudio. | <ul style="list-style-type: none"> - Diagrama Causa – Efecto - Lluvia de Ideas - Entrevista |
| Recolección de datos | Obtener los datos necesarios para el estudio en una tabla de recolección de datos. | <ul style="list-style-type: none"> - Hojas de verificación - Entrevista - Observación directa - Go & See |
| Análisis de variabilidad y capacidad de los procesos críticos | Determinar la situación actual de variabilidad y capacidad de cada uno de los procesos críticos encontrados. | <ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de Pareto - Cartas de Control - Índices de Capacidad - Hojas de verificación |
| Análisis del nivel de calidad Sigma | Determinar el nivel de calidad sigma actual de los procesos críticos. | <ul style="list-style-type: none"> - Métricas Six Sigma - Hojas de Verificación |
| Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) | Validar el sistema de medición con el que un producto se acepta o se rechaza. | <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Método de Análisis de Riesgo - Hojas de Evaluación |

Figura 19 Pasos para la fase MEDIR

Identificación de la medición

- El problema y sus causas

Entre uno de los objetivos de esta fase está entender de mejor manera los procesos y sus problemas, para esto es necesario la elaboración de diagramas causa-efecto o también conocido como diagrama de “Ishikawa” para identificar las posibles causas de los problemas encontrados en la sección anterior, se utiliza el conocimiento y la experiencia de las personas que laboran en los diferentes procesos y del jefe de producción para la elaboración de dichos diagramas, todo esto por medio de una lluvia de ideas y entrevistas con los mismos.

- Variables

En lo que respecta a las mediciones; se debe tener definido los procesos que se van a medir, así como las diferentes variables de los mismos, para esto en la fase anterior ya se determina las variables críticas que de una manera se presentan con defectos encontrados por medio de diagramas de Pareto y entrevistas al personal de producción.

Se identifica de mejor manera las variables a ser medidas y estudiadas a lo largo del estudio, se las ordena jerárquicamente en un cuadro donde se pueda identificar al proceso que perteneces y los problemas que traen.

Recolección de datos

Para la recolección de datos se establece un período de observación que sea prudente para el estudio, las visitas se realizan dependiendo del horario de elaboración del producto, se recopila información como el número y tipo de defectos que presenta el producto en los procesos críticos ya establecidos, para esto es necesario contar con hojas de verificación, en el caso que la empresa no cuente con dichas hojas se utiliza las de elaboración propia Anexo 1 si la población es demasiado grande se procede a tomar una muestra de ésta aplicando la fórmula que se detalla en la Ecuación 1 y se define el tipo de muestreo tomando en cuenta el tiempo y que los procesos sean continuos o no. Se define las características a medir en cada uno de los procesos críticos, así como las técnicas y/o herramientas para la recolección de datos.

Los datos recolectados se los procesa en el programa informático Excel para tener la información ordenada de una mejor manera, además se ordenan datos como el número de días observados, el tamaño de la población y de la muestra ya calculados y con los que se trabajara.

Análisis de variabilidad y capacidad de los procesos críticos

Resulta más ordenado realizar este análisis por cada proceso crítico encontrado, para lo cual en cada uno de ellos se debe analizar su variabilidad y capacidad por separado, en lo que respecta a procesos que contemplen más de un problema, habrá los que presenten mayor cantidad de productos defectuosos y los que no representen muchos de estos.

Debido que las variables a estudiar son cualitativas (atributos), se requiere la aplicación de cartas de control para el análisis de variabilidad y determinar si las causas son comunes o especiales, se debe tomar en cuenta que tipo de distribución siguen estas variables, en el caso de ser binomial (pasa o no pasa por la presencia de uno o más defectos) estas pueden ser cartas p o cartas np , y si la distribución es de Poisson (puede tener uno o más defectos y no considerarse necesariamente defectuoso) se debe utilizar las cartas c y u [23].

En los dos tipos de distribución se puede calcular el índice de capacidad potencial de proceso (Cp) por medio de tablas ya establecidas, este valor puede ser interpretado con la Tabla 4 [23].

En el caso de obtener valores no específicos en tablas, se puede utilizar el método de interpolación lineal para lo cual se aplica la fórmula detallada en la Ecuación 2.

$$Y = Y_1 + \left[\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right] * (Y_2 - Y_1) \quad (2)$$

En donde:

X= valor conocido a interpolar

X₁= valor superior en tablas a X

X₂= valor inferior en tablas a X

Y= valor desconocido a encontrar

Y₁= valor de la derecha asociado a X₁

Y_2 = valor de la derecha asociado a X_2

Dicha fórmula nos ayudará a encontrar el valor de C_p (índice de capacidad potencial de proceso) exacto y de esta manera interpretarlos correctamente [39].

Tabla 4 Valores de C_p y su interpretación [23]

| Valor del índice C_p | Clase o categoría del proceso | Decisión(si el proceso está centrado) |
|------------------------|-------------------------------|---|
| $C_p \geq 2$ | Clase mundial | Se tiene calidad Seis Sigma |
| $C_p > 1,33$ | 1 | Adecuado |
| $1 < C_p < 1,33$ | 2 | Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto. |
| $0,67 < C_p < 1$ | 3 | No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria. |
| $C_p < 0,67$ | 4 | No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias. |

Análisis del nivel de calidad sigma

De igual manera el siguiente análisis se lo realiza por separado a cada proceso crítico, y para eso es necesario aplicar ciertas métricas de calidad para atributos, existen varias alternativas, dependiendo de la distribución que siguen los datos, pueden ser dos:

- **DPMO:** Para su cálculo se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 3.

$$DPMO = \frac{1\ 000\ 000 * d}{U * O} \quad (3)$$

Donde:

d = Numero de defectos encontrados en la muestra.

U = Número de unidades inspeccionadas (Tamaño de la muestra).

O = Numero de oportunidades de error por unidad (Numero de defectos que se pueden encontrar en 1 unidad) [38].

Para encontrar el nivel de calidad sigma por medio de esta métrica se utiliza tablas de conversión ya especificadas [40], la que se utiliza es la Tabla 6.

- **PPM:** Para su cálculo se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 6.

$$PPM = \frac{\text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades Inspeccionadas}} * 1000000 \quad (4)$$

Para encontrar el nivel de calidad sigma por medio de esta métrica se utiliza tablas de conversión ya especificadas en libros, en este caso se utiliza Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma [23] del cual se extrae la Tabla 5, además de tomar en cuenta que la calidad puede ser de corto y largo plazo.

Tabla 5 Calidad de corto y largo plazo en términos de Cp, Zc, ZL y PPM [23]

| Calidad de corto plazo (suponiendo un proceso centrado) | | | | Calidad de largo plazo con un movimiento de 1.5σ | | |
|--|-------------------------|--|---|--|--|-------------------------------|
| Índice C_p | Calidad en sigmas Z_c | % de la curva dentro de especificaciones | Partes por millón fuera de especificaciones | Índice Z_L | % de la curva dentro de especificaciones | PPM fuera de especificaciones |
| 0.33 | 1 | 68.27 | 317 300 | -0.5 | 30.23 | 697 700 |
| 0.67 | 2 | 95.45 | 45 500 | 0.5 | 69.13 | 308 700 |
| 1.00 | 3 | 99.73 | 2 700 | 1.5 | 93.32 | 66 807 |
| 1.33 | 4 | 99.9937 | 63 | 2.5 | 99.379 | 6 210 |
| 1.67 | 5 | 99.999943 | 0.57 | 3.5 | 99.9767 | 233 |
| 2.00 | 6 | 99.9999998 | 0.002 | 4.5 | 99.99966 | 3.4 |

Nivel de calidad en sigmas: $Z_c = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(PPM_L)}$ $PPM_L = \exp\left[\frac{29.37 - (Z_c - 0.8406)^2}{2.221}\right]$

Si no existe valor específico en tablas, estos se deben interpolar utilizando la fórmula de la Ecuación 2, además de encontrar el nivel de calidad sigma, con este se puede obtener el índice Yield, que corresponde a la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos luego de pasar por el proceso estudiado, o también considerado el rendimiento del mismo, mientras más alto sea este valor se tiene la certeza que la cantidad de productos defectuosos es mínima e inclusive llegar a ser un proceso de clase mundial en el mejor escenario, su valor se lo puede encontrar en la Tabla 6 y si no cuenta con un valor específico, este también puede ser interpolado.

Tabla 6 Nivel Six Sigma en término del DPMO [41]

| DPMO | Sigma Short Term (Z_{ST}) | Sigma Long Term (Z_{LT}) | Yield | Cpk |
|---------|-------------------------------|------------------------------|-----------|------|
| 2 | 6.00 | 4.50 | 99.999660 | 2.00 |
| 5 | 5.90 | 4.40 | 99.999540 | 1.97 |
| 9 | 5.80 | 4.30 | 99.999150 | 1.93 |
| 13 | 5.70 | 4.20 | 99.998700 | 1.90 |
| 21 | 5.60 | 4.10 | 99.997900 | 1.87 |
| 32 | 5.50 | 4.00 | 99.996800 | 1.83 |
| 48 | 5.40 | 3.90 | 99.995000 | 1.80 |
| 72 | 5.40 | 3.90 | 99.993000 | 1.77 |
| 108 | 5.20 | 3.70 | 99.989000 | 1.73 |
| 159 | 5.10 | 3.60 | 99.984000 | 1.70 |
| 233 | 5.00 | 3.50 | 99.980000 | 1.67 |
| 337 | 4.90 | 3.40 | 99.970000 | 1.63 |
| 483 | 4.80 | 3.30 | 99.950000 | 1.60 |
| 687 | 4.70 | 3.20 | 99.930000 | 1.57 |
| 968 | 4.60 | 3.10 | 99.900000 | 1.53 |
| 1,350 | 4.50 | 3.00 | 99.870000 | 1.50 |
| 1,866 | 4.40 | 2.90 | 99.810000 | 1.47 |
| 2,555 | 4.30 | 2.80 | 99.740000 | 1.43 |
| 3,467 | 4.20 | 2.70 | 99.650000 | 1.40 |
| 4,661 | 4.10 | 2.60 | 99.500000 | 1.37 |
| 6,210 | 4.00 | 2.50 | 99.400000 | 1.33 |
| 8,198 | 3.90 | 2.40 | 99.200000 | 1.30 |
| 10,724 | 3.80 | 2.30 | 98.900000 | 1.27 |
| 13,903 | 3.70 | 2.20 | 98.600000 | 1.23 |
| 17,864 | 3.60 | 2.10 | 98.200000 | 1.20 |
| 22,750 | 3.50 | 2.00 | 97.700000 | 1.17 |
| 28,716 | 3.40 | 1.90 | 97.100000 | 1.13 |
| 35,930 | 3.30 | 1.80 | 96.400000 | 1.10 |
| 44,565 | 3.20 | 1.70 | 95.500000 | 1.07 |
| 54,799 | 3.10 | 1.60 | 94.500000 | 1.03 |
| 66,807 | 3.00 | 1.50 | 93.300000 | 1.00 |
| 80,757 | 2.90 | 1.40 | 91.900000 | 0.97 |
| 96,801 | 2.80 | 1.30 | 90.300000 | 0.93 |
| 115,070 | 2.70 | 1.20 | 88.500000 | 0.90 |
| 135,666 | 2.60 | 1.10 | 86.400000 | 0.87 |
| 158,655 | 2.50 | 1.00 | 84.100000 | 0.83 |
| 184,060 | 2.40 | 0.90 | 81.600000 | 0.80 |
| 211,855 | 2.30 | 0.80 | 78.800000 | 0.77 |
| 241,964 | 2.20 | 0.70 | 75.800000 | 0.73 |
| 274,253 | 2.10 | 0.60 | 72.600000 | 0.70 |
| 308,538 | 2.00 | 0.50 | 69.100000 | 0.67 |
| 344,578 | 1.90 | 0.40 | 65.500000 | 0.63 |
| 382,089 | 1.80 | 0.30 | 61.800000 | 0.60 |
| 420,740 | 1.70 | 0.20 | 57.900000 | 0.57 |
| 460,172 | 1.60 | 0.10 | 54.000000 | 0.53 |
| 500,000 | 1.50 | 0.00 | 50.000000 | 0.50 |
| 539,828 | 1.40 | -0.10 | 46.000000 | 0.47 |
| 579,260 | 1.30 | -0.20 | 42.100000 | 0.43 |
| 617,911 | 1.20 | -0.30 | 38.200000 | 0.40 |
| 655,422 | 1.10 | -0.40 | 34.500000 | 0.37 |
| 691,462 | 1.00 | -0.50 | 30.900000 | 0.33 |
| 725,747 | 0.90 | -0.60 | 27.400000 | 0.30 |
| 758,036 | 0.80 | -0.70 | 24.200000 | 0.27 |
| 788,145 | 0.70 | -0.80 | 21.200000 | 0.23 |
| 815,940 | 0.60 | -0.90 | 18.400000 | 0.20 |
| 841,345 | 0.50 | -1.00 | 15.900000 | 0.17 |
| 864,334 | 0.40 | -1.10 | 13.600000 | 0.13 |
| 884,930 | 0.30 | -1.20 | 11.500000 | 0.10 |
| 903,199 | 0.20 | -1.30 | 9.700000 | 0.07 |
| 919,243 | 0.10 | -1.40 | 8.100000 | 0.03 |
| 933,193 | 0.00 | -1.50 | 6.700000 | 0.00 |

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

Como en todo estudio Six Sigma es fundamental evaluar el sistema de medición que tiene la empresa en sus procesos críticos; para esto existen estudios R&R de Repetibilidad y Reproducibilidad, puesto que parte de la variabilidad observada en el producto se debe a la variabilidad de las mediciones y no a la variabilidad propia del producto [23].

Cuando las variables a estudiar son de tipo atributos existen diferentes métodos, pero se considera el más apropiado el método de análisis de riesgo.

Recomendaciones para desarrollar un estudio del tipo análisis de riesgo

- a) *Selección de las personas participantes.* Las evaluaciones deben realizarse a personas involucradas directamente en el proceso de estudio, el mismo debe incluir personas de todo rango de entrenamiento, desde novatos hasta inspectores muy experimentados.
- b) *Selección de las piezas.* Los productos a evaluar deben cubrir todo el rango de observaciones, se debe evitar muestras aleatorias de la producción, es decir que la muestra debe contar con productos en todos los niveles de calidad: desde muy mala hasta muy buena, pasando por dudosa e intermedia. Con respecto al número de productos a evaluar, de preferencia debe estar entre 30 y 100, siendo este un número razonable.
- c) El fin de este método es comparar el criterio de aceptación entre un mismo operador y entre diferentes operadores [23].

Para la recolección de datos se utiliza hojas de evaluación Anexo 3 en donde especifica el número de operadores, los productos evaluados y la calificación de estos entre otros datos.

Analizar

En esta fase se identifica las causas raíz de los problemas encontrados en los procesos productivos, además de entender de mejor manera como se están produciendo y como afectan la calidad del producto de mayor demanda; el impacto económico que generan. En la Figura 20 se presenta un resumen de los pasos a ejecutarse en la fase de analizar y su posterior explicación:

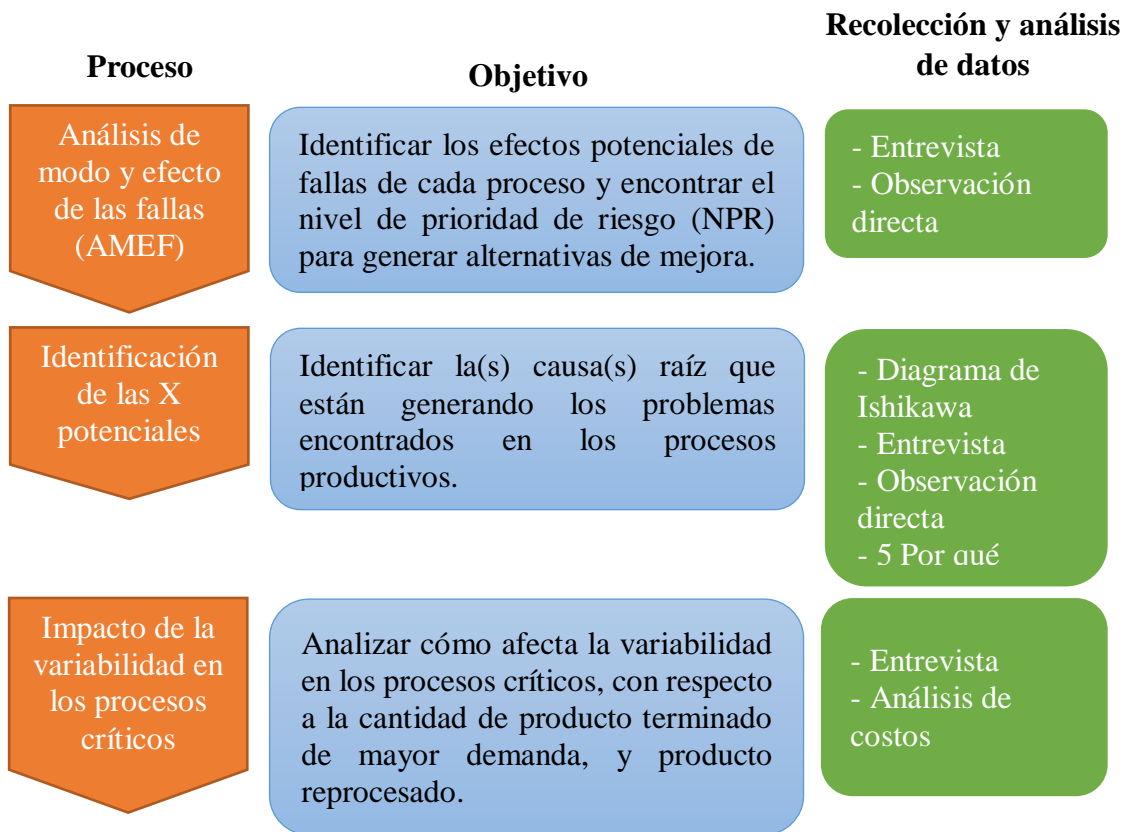


Figura 20 Pasos para la fase ANALIZAR

Análisis de modo y efecto de las fallas

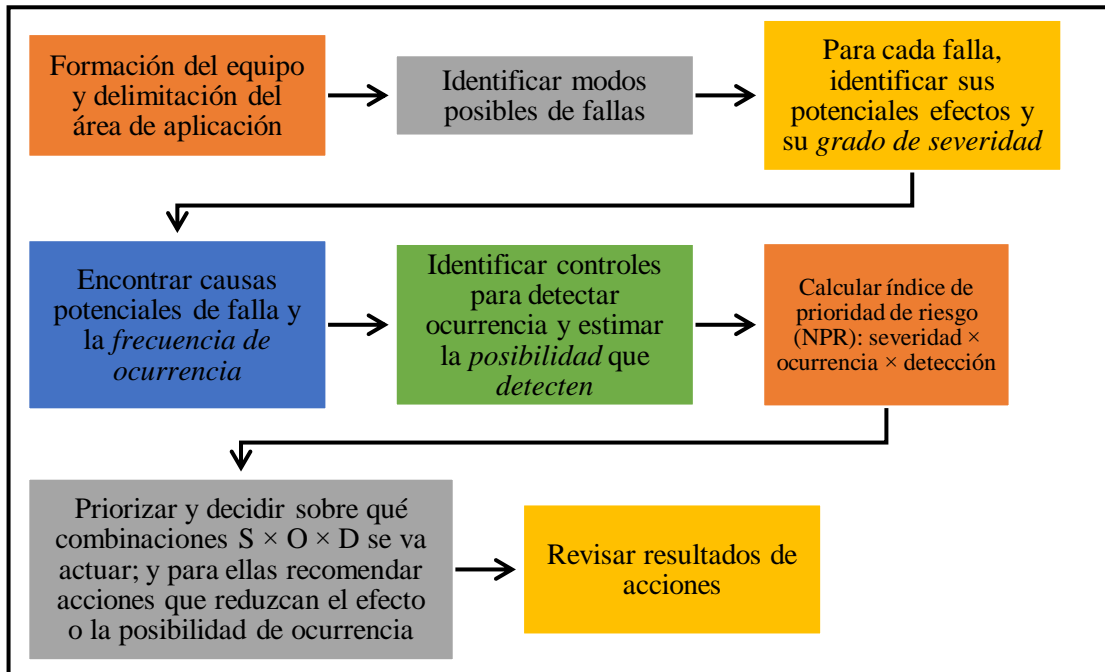


Figura 21 Esquema general de actividades para realizar un AMEF [23]

Se aplica un análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) que permite identificar, caracterizar y evaluar el riesgo de las fallas potenciales de un proceso o producto, para esto se debe seguir un procedimiento ordenado, en la Figura 21 se muestra una forma resumida del mismo.

Para medir los resultados, este análisis utiliza el indicador NPR (Nivel de Prioridad de Riesgo), permite priorizar las acciones que se van a tomar para reducir el efecto o la posibilidad de ocurrencia de las fallas potenciales. Este indicador puede tomar valores de 1 a 1000, la fórmula para calcularlo se encuentra establecida en la Ecuación 5.

$$NPR = Severidad(S) * Ocurrencia(O) * Detección(D) \quad (5)$$

Donde:

NPR: Nivel de prioridad de riesgo.

Severidad: Grado de severidad de los efectos de las fallas potenciales, se los evalúa en una escala del 1 al 10 de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla del Anexo 4 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, una vez que esta falla ha ocurrido.

Ocurrencia: Posibilidad de que ocurra cada causa potencial (que se active el mecanismo de falla), se estima en una escala de 1 a 10 de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla del Anexo 5.

Detección: Posibilidad de que los mejores controles detecten el modo de falla o su causa. La posibilidad se expresa en una escala inversa de 1 a 10 de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla del Anexo 6, en el sentido de que entre más preventivos y mejores sean los controles reciben una calificación más baja, mientras que los peores controles reciben una puntuación más alta [23].

Una parte importante al aplicar este análisis es conocer el significado de los valores de NPR, en la Tabla 7 se muestran los valores de prioridad y al nivel de riesgo que representan, de esta manera atacar cada modo de falla identificado de acuerdo a su prioridad.

Tabla 7 Valoración de NPR [42]

| NPR | Nivel de Riesgo |
|-------------------|---------------------------|
| 500 - 1000 | Alto riesgo de falla |
| 125 - 499 | Riesgo de falla medio |
| 1 - 124 | Riesgo de falla bajo |
| 0 | No existe riesgo de falla |

Para la valoración de los datos a introducir en el AMEF, el trabajo se lo realiza en conjunto con las personas cercanas a los procesos productivos y los problemas que presentan, se realiza reuniones de trabajo para su desarrollo.

Identificación de las X potenciales

Se identifica de mejor manera las causas raíz de los problemas o las X vitales encontrados en los procesos productivos de la empresa, se utiliza la herramienta 5 porqué, con esta información se relaciona a los diagramas causa-efecto realizados en la etapa anterior, de esta manera llegar a una o varias causas raíz que provocan variabilidad en los procesos críticos. Así también como problemas especiales que se presenten.

Impacto de la variabilidad en los procesos críticos

Se analiza la relación que tiene la variabilidad en los procesos críticos, con el producto terminado analizando sus costos de producción, precio final, utilidades, así como el valor de pérdida por la presencia de productos defectuosos.

Se analiza también la relación que tiene con la reutilización de productos defectuosos, es decir: productos elaborados a base de materia prima reprocesada, el costo de cada reproceso, así como las pérdidas que generan dichas actividades.

Mejorar

En esta fase se establecen propuestas de mejora continua, para atender a los problemas encontrados en fases anteriores, de manera que se pueda reducir la variabilidad en los procesos críticos que traen como consecuencia productos defectuosos. En la Figura 22 se presenta un resumen de los pasos a ejecutarse en la fase de mejora y su posterior explicación:

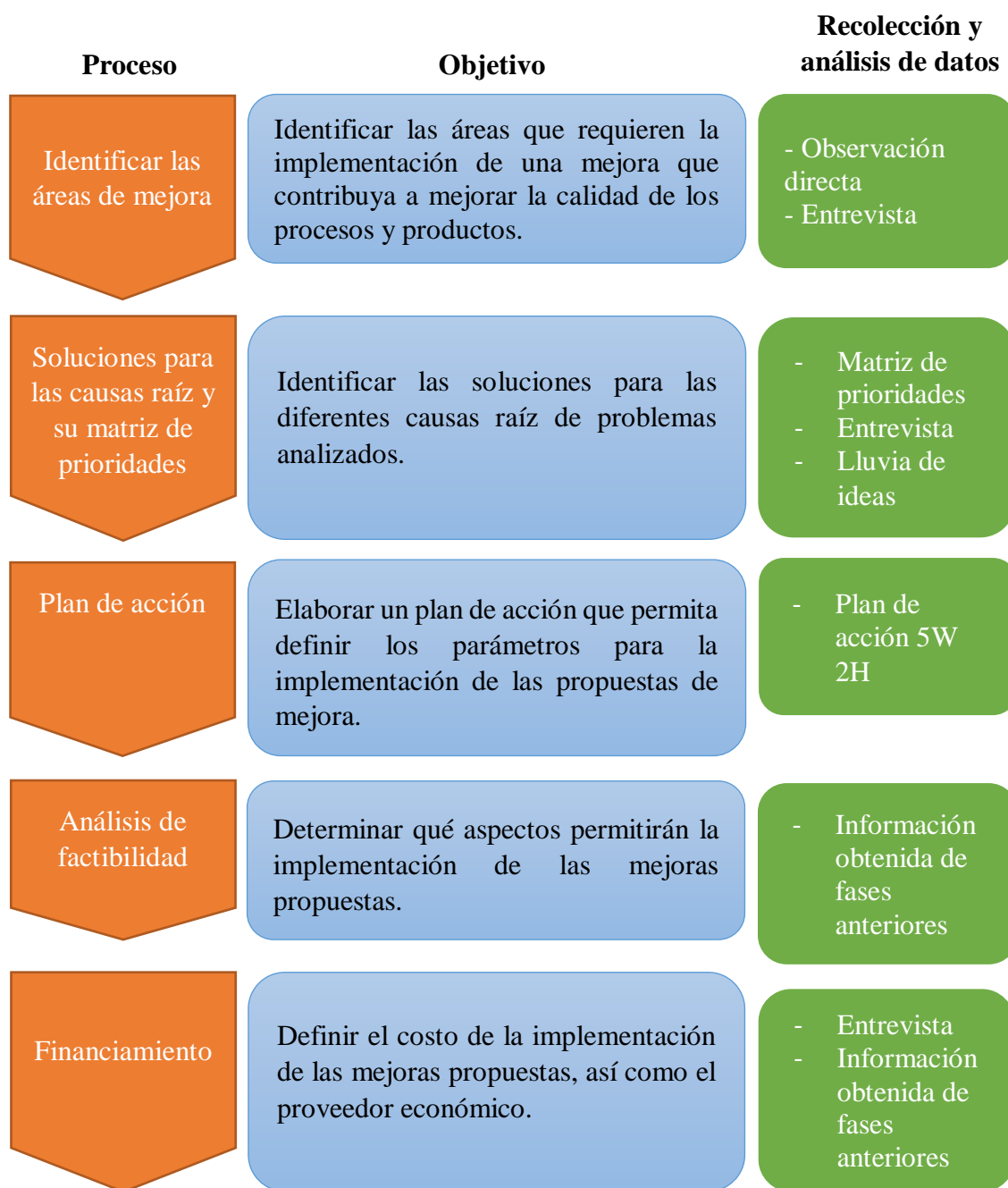


Figura 22 Pasos para la fase MEJORAR

Identificar las áreas de mejora

Se identifica las áreas que requieren atención de inmediata, en general son procesos críticos que presentan una variabilidad considerable y traen como consecuencia productos defectuosos que perjudica la calidad con la que trabaja la empresa; se utiliza información de las fases anteriores para elaborar un plan de acción que ataque directamente a las causas raíz que estén provocando dichos problemas.

Soluciones para las causas raíz y su matriz de prioridades

El investigador en conjunto con las personas que se encuentran laborando día a día en los procesos estudiados, participan de una lluvia de ideas siguiendo los pasos de la Figura 9 para sugerir propuestas de mejora, que formen parte de la solución a la problemática estudiada.

Además de la lluvia de ideas se emplea una matriz de prioridad, siguiendo su estructura Figura 16 de manera que se pueda clasificar las propuestas de mejora según su esfuerzo y su impacto al momento de implementarlas.

Plan de acción

Se elabora un plan de acción que contemple los parámetros que se debe tomar en cuenta para la implementación de las mejoras propuesta por el investigador, de tal manera que se pueda evitar trabajar con palos ciegos, se debe establecer parámetros para cada actividad propuesta.

Análisis de factibilidad

Se desarrolla un análisis rápido que permita asegurar que las mejoras propuestas en el proyecto Six Sigma, sean factibles para la empresa, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos, legales, beneficios y/o beneficiarios de estas actividades.

Financiamiento

El investigador debe estimar un costo para la aplicación del plan de acción y determinar el financiamiento del proyecto, tomando en cuenta el factor humano, materiales entre otros gastos.

Controlar

Se establecen maneras de controlar las acciones propuestas por el investigador, de tal manera que estas se mantengan y se puedan seguir mejorando a través del tiempo. Con esta etapa se cierra el proyecto Six Sigma. En la Figura 23 se presenta un resumen de los pasos a ejecutarse en la fase de control y su posterior explicación:

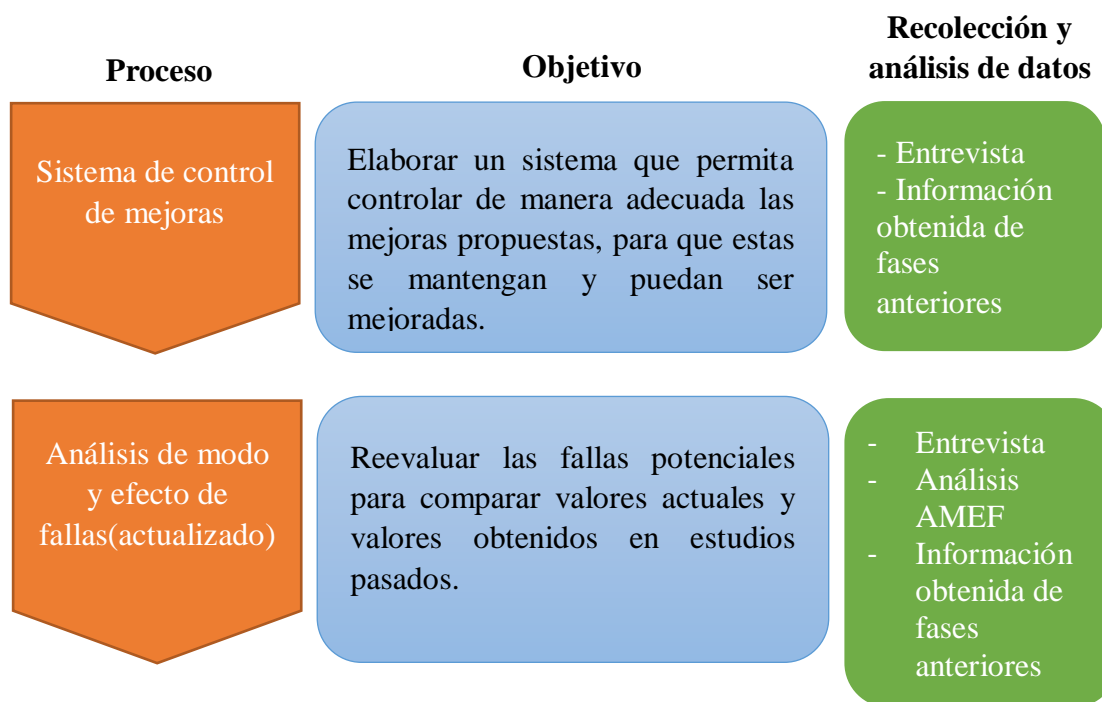


Figura 23 Pasos para la fase CONTROLAR

Sistema de control de mejoras

Se elabora un sistema que permita controlar y mantener a través del tiempo, las acciones recomendadas, el sistema cuenta con los responsables de las actividades a desarrollar, descripción de lo que se va hacer, medio y/o herramientas de control. Por medio de una entrevista al jefe de producción y el criterio del investigador, se clarifican estos parámetros.








Análisis de modo y efecto de las fallas(actualizado)

Para asegurarse que el plan de acción está dando resultados positivos, se actualiza el análisis de modo y efecto de fallas, de esta manera comparar los valores de NPR (índice de prioridad de riesgo) actuales con los obtenidos en estudios pasados, para controlar de manera más efectiva las acciones tomadas respecto a la severidad, ocurrencia y detección en cada una de las fallas potenciales.

2.2 Materiales

En la Tabla 8 se muestran los materiales a utilizar en el desarrollo del proyecto de investigación, así como una rápida descripción de los mismos y su figura representativa:

Tabla 8 Materiales empleados en el desarrollo del proyecto

| Figura | Material | Descripción y/o utilidad |
|---|----------------------|--|
|  | Cámara | Registro fotográfico de los procesos productivos, así como productos e información necesaria para la investigación. |
|  | Hoja de Verificación | Recolección de datos tales como: tipo de producto, número de defectos presentes en el helado, número de helados a reprocesar y observaciones durante el periodo de recolección de datos. |
|  | Hoja de Evaluación | Recolección de datos en el experimento acerca de los criterios de trabajadores para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R). |
|  | Microsoft Word 2016 | Procesamiento de texto, elaboración de diagramas y gráficas. |
|  | Microsoft Visio 2016 | Elaboración de diagramas de flujo para los diferentes productos comercializados por la empresa. |
|  | Microsoft Excel 2016 | Procesamiento y análisis de datos en diferentes etapas de la metodología Six Sigma. |
|  | Minitab 18 | Comprobación y análisis de datos realizados manualmente en la etapa MEDIR de la metodología Six Sigma. |

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Desarrollo del proyecto

Fase DEFINIR

Definición del proyecto y su objetivo

LA EMPRESA



Figura 24 Planta de Producción de “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”

Por el año de 1950, la difícil situación económica de la comunidad franciscana del cantón Salcedo, y el anhelo de mejores días, inspiraron a la monjita Rosa María Duran a formular el hoy famoso helado de Salcedo, en su inicio conocido como el helado de las monjas.

Esta madre franciscana, muy reconocida por sus habilidades gastronómicas conjugó perfectamente los ingredientes naturales como lácteos, frutales y endulzantes de la prodigiosa zona cotopaxense para obtener como resultado un producto muy delicioso que pronto fue adquiriendo notoriedad en todo Salcedo.

El helado de las monjitas era elaborado entonces en el interior del convento y comercializado por una ventana, pues para esos años las monjas se resguardaban de toda tentación externa.

La aceptación que inmediatamente tuvieron los deliciosos helados de las monjitas, obligo a que estas ingeniosas religiosas, vieran la necesidad de acercar al producto al consumidor por medio de un vendedor ambulante llamado José Medina, más conocido como “José Trutura”. Este personaje llevaba sobre sus espaldas una gran caja de madera conteniendo en su interior el producto convirtiéndose en un vendedor patrimonio de la ciudad de Salcedo, y con su singular chispa recorría calles, caminos y senderos gritando “HELADOS CON LECHE DE LAS MONJITAS”.

En los años posteriores, varias personas que habían tenido acceso a la fórmula por la cercana relación con las religiosas franciscanas y continuaron con la actividad de producción y comercialización.

La necesidad de ingresar a los mercados más importantes en el Ecuador y el extranjero ha obligado a que los actuales productores, en un ejemplo de organización y solidaridad se hayan unido para formar desde el 2006 la Asociación de Productores y Comercializadores de “ los Helados de Salcedo” y posteriormente formando la Productora y Comercializadora de” Los Helados de Salcedo “ CORPICECREAM S. A. organización que busca como su fin social más importante la protección del tradicional helado de Salcedo, resguardando el delicioso sabor (la formulación) como la particular forma y colores, labor que ha logrado patentar el producto y su imagen, cumpliendo así también con los estándares de calidad exigidos en productos alimenticios [43].

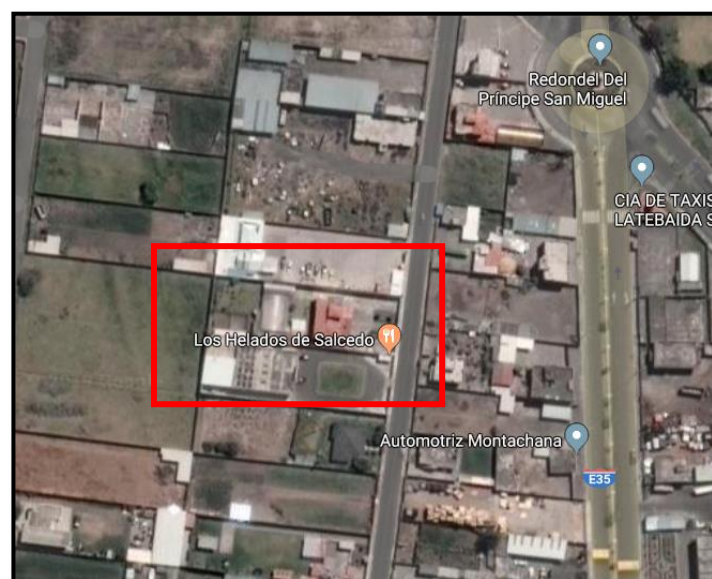


Figura 25 Vista satelital de la empresa: Urb. Rumipamba de Las Rosas, Los Molles y, Av. Yolanda Medina, Salcedo

Hoy la asociación de productores y comercializadores de los helados de Salcedo son la marca con mayor potencial de crecimiento a nivel nacional, brillando con liderazgo en el mercado de los helados artesanales, mismos que tienen registro sanitario, haciendo notar la seriedad de sus políticas para enfrentar el difícil pero satisfactorio mercado alimenticio.



Figura 26 Logo de la empresa

Misión

CORPICECREAM S.A. produce y comercializa los helados de Salcedo con un alto valor nutritivo basándose en los parámetros de calidad total e inocuidad y siendo oportuno, conservando la cadena de frío para garantizar y satisfacer a nuestros clientes cuidando de su salud y nutrición, conservando el medio ambiente con precios justos y competitivos.

Visión


Posicionarse como la empresa productora, comercializadora y distribuidora de Helados de Salcedo con mayor reconocimiento en el mercado nacional e internacional brindando un alto nivel de calidad en el producto que cuente con maquinaria de punta, personal capacitado para lograr que “nuestro helado” mantenga estándares de calidad y servicio, llegando a ser uno de los mejores en el país. Con fuerte vinculación social, que ofrece bienestar, seguridad y satisfacción a sus Accionistas, Empleados, Clientes, Distribuidores y Proveedores.

Productos ofertados por la empresa

Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. se caracteriza por la elaboración de helados tipo Vaso la mayoría a base de leche con diferentes tipos de frutas y esencias vegetales, además de sus nuevas paletas de helado cubiertas de chocolate, hacen que los procesos de producción tengan un cierto grado

de similitud. La empresa ubicada en la calle Los Molles y Av. Yolanda Medina en la Urbanización Rumipamba de las Rosas de la ciudad de Salcedo, cuenta con una infraestructura con todos los servicios necesarios y el personal para la elaboración de sus productos los mismos que se presentan en la Tabla 9 con sus características, estos son distribuidos dentro y fuera del país.

Tabla 9 Productos ofertados actualmente por “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”

| Helado | Tipo | Número de sabores | Peso (gramos) |
|---|------|-------------------|---------------|
| Sabores  | Vaso | 4 | 135 |
| Coco | Vaso | 1 | 135 |
| Mora | Vaso | 1 | 135 |
| Chocolate | Vaso | 1 | 135 |
| Ron Pasas | Vaso | 1 | 135 |
| Chicle | Vaso | 1 | 135 |
| Guanábana | Vaso | 1 | 135 |
| Galleta | Vaso | 1 | 135 |
| Frutas | Vaso | 1 | 135 |
| Leche y Mora | Vaso | 2 | 135 |
| Leche y Chocolate | Vaso | 2 | 135 |
| Naranjilla | Vaso | 1 | 135 |
| Taxo | Vaso | 1 | 135 |
| Frutilla | Vaso | 1 | 135 |
| Aguacate | Vaso | 1 | 135 |
| Marmoleado | Vaso | 1 | 135 |

| | | | |
|---------------|--------|---|-----|
| Tamarindo | Vaso | 1 | 135 |
| Uva | Vaso | 1 | 135 |
| Higo | Vaso | 1 | 135 |
| Mango | Vaso | 1 | 135 |
| Durazno | Vaso | 1 | 135 |
| Queso | Vaso | 1 | 135 |
| Tiramisú | Vaso | 1 | 135 |
| Menta | Vaso | 1 | 135 |
| Yogurt | Vaso | 1 | 135 |
| Maracuyá | Vaso | 1 | 135 |
| Kiwi | Vaso | 1 | 135 |
| Junior | Vaso | 4 | 90 |
| Vainilla | Vaso | 1 | 135 |
| Queso y Piña | Vaso | 2 | 135 |
| Choconata | Paleta | 1 | 68 |
| Minichoconata | Paleta | 1 | 52 |

Procesos de producción

Debido a los diferentes tipos y sabores de helados que oferta actualmente la empresa, se tiene 3 tipos de diagramas de flujo con sus respectivos participantes, los diagramas se encuentran divididos entre los helados de tipo vaso que tienen 1 sabor, los que poseen 2 o más sabores y las paletas de helado (empastados) como se muestran en las Figuras 27 y Figura 28.

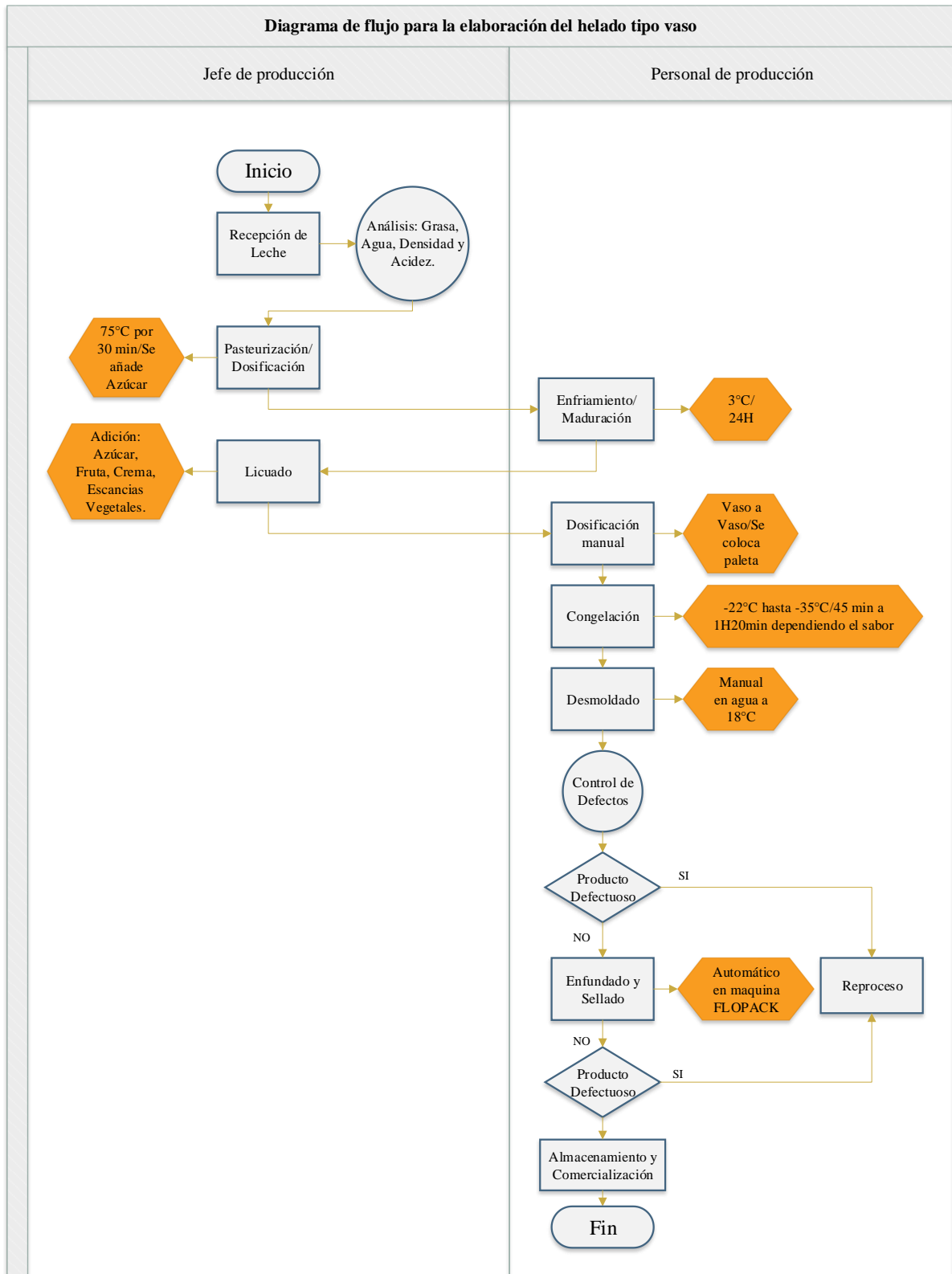


Figura 27 Diagrama de procesos para el helado tipo vaso

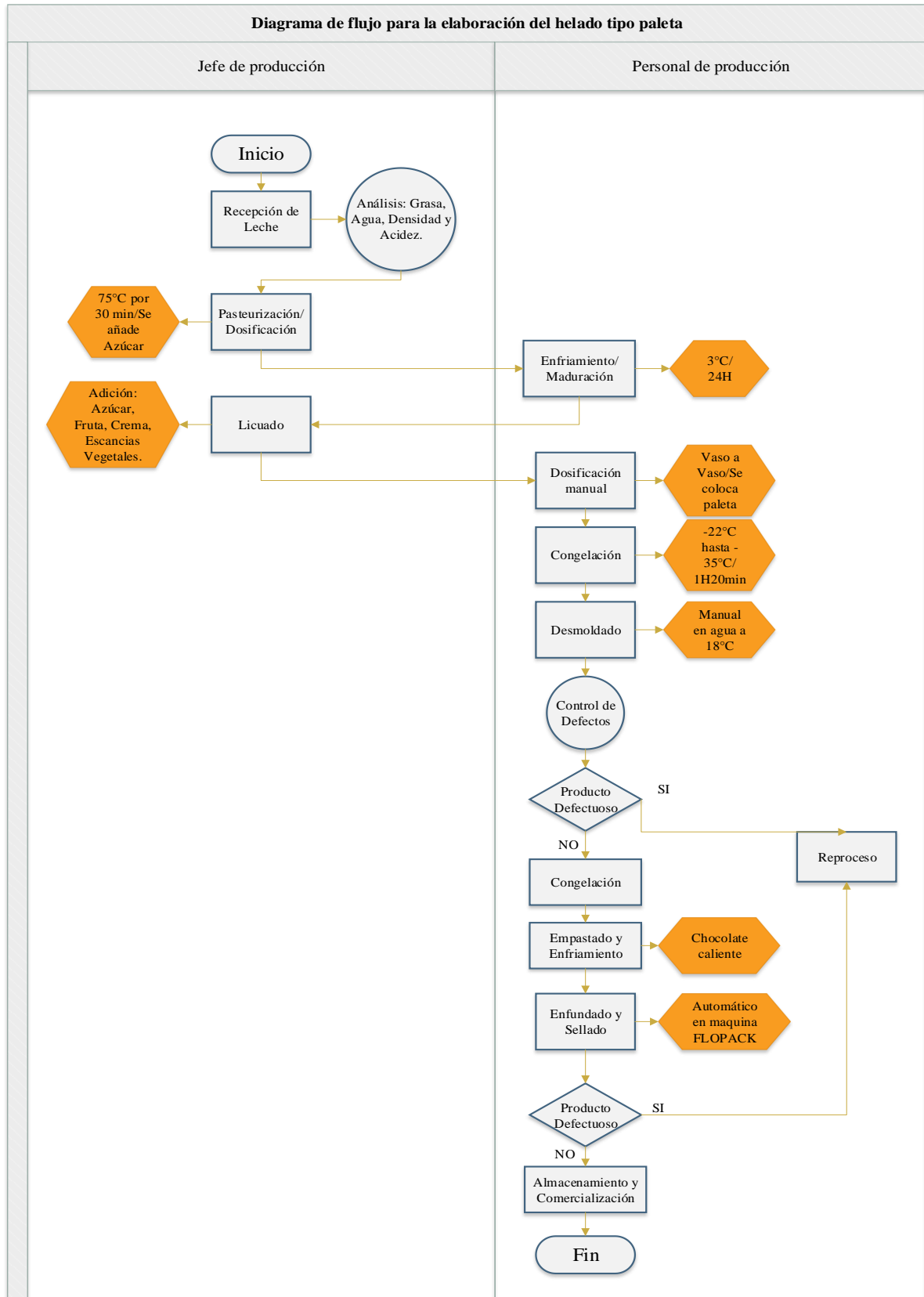


Figura 28 Diagrama de procesos para el helado tipo paleta

- **Recepción de la materia prima**

Se la realiza en la mañana donde se receipta la leche cruda para su posterior análisis en el Milkotester (Analizador de leche) con el cual se mide la densidad, grasa, lactosa, cantidad de agua y solidos presentes en la leche. En el caso de la fruta esta se receipta para posteriormente realizar un prelavado de la misma.

- **Pasteurización**

La leche es llevada a una temperatura de 75°C por 30 minutos donde se añade azúcar, una vez fría la leche es puesta en reposo para su maduración por 24 horas a 3°C para su posterior uso, a esta mezcla se la denomina CALDO BASE puesto que sirve para la elaboración de todos los helados a base de crema.



Figura 29 Área de pasteurización de leche y fruta

- **Licuada de la fruta**

La fruta una vez limpia es llevada a una licuadora industrial donde es procesada para luego ser pasteurizada de igual manera que la leche es llevada a una temperatura alta, una vez pasteurizada la fruta es llevada a una despulpadora que separa la semilla del jugo (esto dependerá del tipo de helado), de esta manera se obtiene la pulpa de fruta que es almacenada en un cuarto frio.



Figura 30 Área de licuado

- **Mezclado**

Dependiendo del sabor del helado que se vaya a elaborar se procede a licuar el CALDO BASE, la crema de leche, azúcar, pulpa de fruta y esencias vegetales para obtener una mezcla consistente, la ingeniera en alimentos se encarga de medir las cantidades de cada ingrediente puesto que estos se encuentran estandarizados para la cantidad de helados a elaborar.

- **Dosificado Manual**

La mezcla es llevada en recipientes de acero inoxidable puestos sobre una mesa del mismo material con base móvil para trasladarse de un lugar a otro sin ningún problema, con ayuda de una jarra plástica de aproximadamente 1lt, los obreros van colocando la cantidad necesaria de mezcla en los moldes de helado, estos se encuentran ya ubicados en congeladores conocidos también como paliteras (piscinas con una solución de cloruro de calcio), una vez con la primera capa semisólida se colocan los palillos de forma perpendicular al molde , en el caso de helados de más de 1 sabor se tiene que esperar a que el primero se congele para dosificar con el siguiente sabor y así sucesivamente , estos tienen un periodo de congelación de 1h 20min y los de 1 solo sabor 45min.



Figura 31 Dosificación manual

- Congelación

La mezcla de helado se congela a una temperatura que va desde los -22°C hasta los -35°C en un periodo de 1h 20min (más de 1 sabor) y 45min (1 solo sabor), esto gracias a que los moldes reposan en un congelador con capacidad de 32 moldes y cada uno con 18 helados.



Figura 32 Proceso de congelación

- **Desmoldado**

Una vez congelada la mezcla de helado los obreros retiran cuidadosamente los moldes para ser apilados cerca de una tina a desnivel del piso donde se coloca agua a 20°C, se procede a sumergir parcialmente el molde en la tina de agua caliente de manera que los obreros puedan retirar el helado haciendo presión en el palillo y sin que este quede adherido al molde, estos helados son puestos en una bandeja para más adelante ser ubicados en la máquina de enfundado y sellado.



Figura 33 Helados listos para ser desmoldados



Figura 34 Desmoldado de los helados

- **Enfundado y Sellado**

Los helados son ubicados uno a uno correctamente en la banda transportadora de la maquina Flopack para ser enfundados y sellados automáticamente, al final de la banda estos caen sobre una mesa para ser almacenados.



Figura 35 Máquina de enfundado y sellado

- **Empacado y almacenamiento**

Una vez enfundado y sellado el helado este es empacado en fundas transparentes de 10 unidades, estas son ubicadas en gavetas de plástico y almacenadas en el cuarto frío a una temperatura de -20°C para su posterior comercialización.



Figura 36 Distribución del cuarto frío

Problemas presentes en los procesos productivos

Como en toda empresa, Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. se encuentra en crecimiento continuo, motivo por el cual la alta gerencia se enfocó en el control de calidad de sus productos, en la entrevista con la Jefe de producción que además de desempeñar su cargo como Ingeniera en Alimentos, manifiesta los principales problemas existentes al momento de la elaboración de los helados y que se hace al respecto, con la herramienta 5W 1H se realizan las preguntas según el Anexo 1 las respuestas se encuentran a continuación:

What- ¿Qué?

¿Qué problemas presentan los procesos productivos?

Productos defectuosos y por ende pérdidas de tiempo, mano de obra y económicas.

¿Qué defectos se presentan en los productos?

Mezcla de sabores, rotura parcial o total del palillo de madera, mermelada en los bordes y puntas, corte del helado o el palillo de madera al ser enfundado, mal sellado entre otros.

¿Qué se hace con los productos defectuosos?

Se reprocesan para materia prima del helado de mora.

Why- ¿Por qué?

¿Porque se reprocesan los productos defectuosos?

Se los utiliza de materia prima para la elaboración de helados de mora, de otra manera existiría pérdidas económicas a gran escala en la empresa.

¿Porque se realiza el control de calidad?

Porque existen productos defectuosos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la empresa.

¿Porque se hace el control en pocas etapas?

Porque en etapas como en el desmoldado se produce la mayor cantidad de defectos.

Who- ¿Quién?

¿Quién está a cargo del control de calidad?

El jefe de producción (Ingeniera en Alimentos).

¿Quiénes también debería hacer control de calidad?

Un supervisor y los obreros de producción.

¿Quiénes podrían evitar los defectos en el producto?

Las personas a cargo de cada proceso donde exista variabilidad.

Where- ¿Dónde?

¿Dónde se realiza el control de calidad?

Principalmente en la etapa de desmoldado y sellado.

¿Dónde también se debería hacer un control de calidad?

En el despacho del producto final.

¿Dónde se producen la mayor cantidad de defectos?

En la etapa de desmoldado, enfundado y sellado.

When- ¿Cuándo?

¿Cuándo se realiza el control de defectos?

En todo momento por parte de los obreros antes del enfundado y sellado del helado.

¿Cuándo debería hacerse el control de defectos?

A cada momento debido que es un proceso en serie.

How- ¿Cómo?

¿Cómo se realiza el control de calidad?

Registro de liberación de productos donde se analiza textura, peso y color.

¿Cómo se debería realizar un control de calidad más estricto?

En un laboratorio mejor equipado y controlado.

¿Qué se define?

De acuerdo a la entrevista realizada y analizado más detalladamente los procesos productivos se define que el proyecto va encaminado a un control más estricto del que se ha venido dando, puesto que existen variables críticas que pueden ser resultado de variabilidad en los procesos, encontrar sus posibles fuentes, así como una evaluación de la calidad con la que se elaboran los helados, haciendo énfasis en productos de mayor demanda así como realizar propuestas de mejora a favor de la calidad de los productos ofertados por Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.

Objetivo del proyecto

El objetivo que persigue el proyecto es analizar la variabilidad en el proceso de elaboración de helados, medir el nivel de calidad con el que se elaboran los productos de “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” hasta la actualidad por medio de la Metodología Six Sigma, de tal manera que se pueda garantizar la satisfacción y lealtad de los clientes estableciendo propuestas de mejora continua.

Identificación de problemas vitales

Producto/s de mayor demanda

Por medio de las entrevistas al departamento de contabilidad y la información proporcionada de las ventas mensuales de cada uno de los sabores y tipos de helado, se evidencia que existen productos que sobresalen debido a su alta demanda sobre otros como se muestra en la gráfica resumen de enero hasta mayo del 2019 de la Figura 37 además del Pareto de la Figura 38 que muestra una gran diferencia entre el helado de Sabores y el de Coco con los demás productos.

Tabla 10 Cantidad de helados vendidos de enero a mayo en el 2019

| Tipo de Helado | Unidades Vendidas por Meses(2019) | | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Total |
| Sabores | 90.302 | 142.178 | 153.530 | 202.397 | 101.085 | 689.492 |
| Coco | 15.767 | 17.764 | 19.423 | 28.121 | 18.028 | 99.103 |
| Chocolate | 8.951 | 8.573 | 10.765 | 9.856 | 10.047 | 48.192 |
| Junior | 5.978 | 7.200 | 8.520 | 9.498 | 9.625 | 40.821 |
| Mora | 8.151 | 8.400 | 9.539 | 9.492 | 9.175 | 44.757 |
| Chicle | 6.333 | 6.742 | 8.135 | 7.972 | 7.057 | 36.239 |
| Ron Pasas | 6.683 | 6.880 | 8.050 | 7.737 | 6.794 | 36.144 |
| Frutas | 5.635 | 5.954 | 6.828 | 6.465 | 6.395 | 31.277 |
| Galleta | 5.574 | 5.675 | 6.672 | 6.117 | 6.125 | 30.163 |
| Guanábana | 3.886 | 3.391 | 4.246 | 3.997 | 4.052 | 19.572 |
| Aguacate | 2.701 | 3.084 | 3.472 | 3.381 | 3.175 | 15.813 |
| Queso | 1.521 | 2.096 | 2.259 | 2.530 | 2.775 | 11.181 |
| Taxo | 2.002 | 2.109 | 2.250 | 2.492 | 2.436 | 11.289 |
| Marmoleado | 1.045 | 1.422 | 1.473 | 1.755 | 1.629 | 7.324 |
| Frutilla | 1.289 | 1.114 | 1.269 | 2.394 | 1.548 | 7.614 |
| Naranja | 889 | 1.245 | 1.284 | 1.047 | 1.458 | 5.923 |
| Leche y Chocolate | 950 | 795 | 1.113 | 1.172 | 1.226 | 5.256 |
| Vainilla | 1.331 | 1.203 | 1.451 | 1.397 | 1.210 | 6.592 |
| Leche y Mora | 1.384 | 1.134 | 1.354 | 1.219 | 1.161 | 6.252 |
| Minichoconata | 837 | 1.017 | 1.158 | 1.044 | 1.093 | 5.149 |
| Menta | 919 | 803 | 1.024 | 1.104 | 1.084 | 4.934 |
| Yogurt | 639 | 736 | 771 | 1.102 | 900 | 4.148 |
| Choconata | 1.054 | 1.022 | 1.081 | 1.014 | 899 | 5.070 |
| Tiramisú | 299 | 374 | 459 | 666 | 819 | 2.617 |
| Mango | 685 | 578 | 614 | 725 | 666 | 3.268 |
| Higo | 252 | 348 | 361 | 500 | 629 | 2.090 |
| Maracuyá | 396 | 609 | 564 | 812 | 614 | 2.995 |
| Queso y Piña | - | - | - | 58 | 488 | 546 |
| Uva | 282 | 392 | 415 | 431 | 453 | 1.973 |
| Tamarindo | 286 | 398 | 320 | 348 | 408 | 1.760 |
| Kiwi | 215 | 387 | 267 | 338 | 399 | 1.606 |
| Durazno | 207 | 250 | 177 | 386 | 248 | 1.268 |
| Total | 176.443 | 233.873 | 258.844 | 317.567 | 203.701 | 1.190.428 |

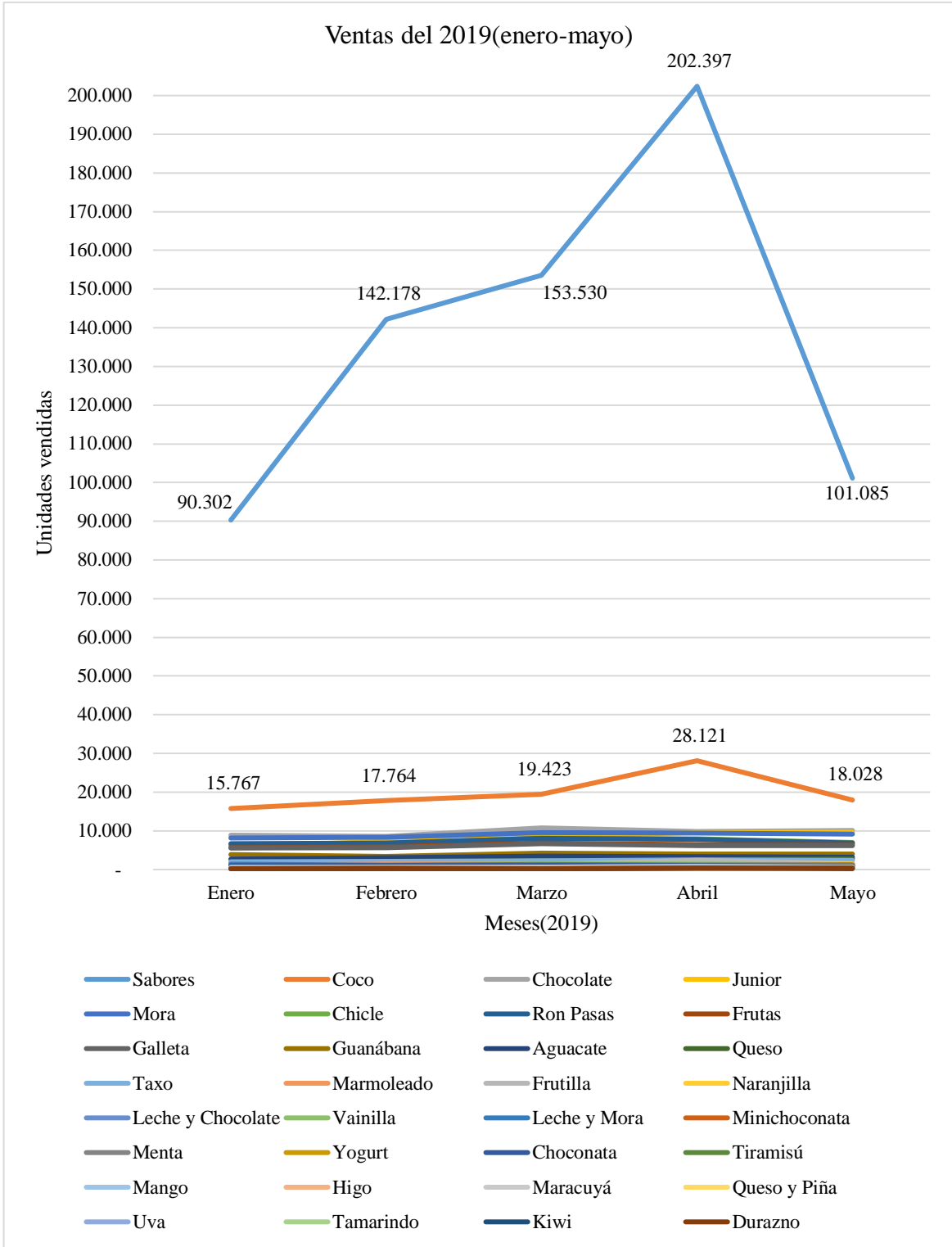


Figura 37 Ventas del 2019 (enero-mayo)

Tabla 11 Resumen ventas del 2019 (enero-mayo)

| Tipo | Demanda en Unidades | Porcentaje Acumulado |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Sabores | 689.492 | 58% |
| Coco | 99.103 | 66% |
| Chocolate | 48.192 | 70% |
| Mora | 40.821 | 74% |
| Junior | 44.757 | 77% |
| Chicle | 36.239 | 81% |
| Ron Pasas | 36.144 | 84% |
| Frutas | 31.277 | 86% |
| Galleta | 30.163 | 89% |
| Guanábana | 19.572 | 90% |
| Aguacate | 15.813 | 92% |
| Taxo | 11.181 | 93% |
| Queso | 11.289 | 94% |
| Frutilla | 7.324 | 94% |
| Marmoleado | 7.614 | 95% |
| Vainilla | 5.923 | 95% |
| Leche y Mora | 5.256 | 96% |
| Naranjilla | 6.592 | 96% |
| Leche y Chocolate | 6.252 | 97% |
| Minichoconata | 5.149 | 97% |
| Choconata | 4.934 | 98% |
| Menta | 4.148 | 98% |
| Yogurt | 5.070 | 98% |
| Mango | 2.617 | 99% |
| Maracuyá | 3.268 | 99% |
| Tiramisú | 2.090 | 99% |
| Higo | 2.995 | 99% |
| Uva | 546 | 99% |
| Tamarindo | 1.973 | 100% |
| Kiwi | 1.760 | 100% |
| Durazno | 1.606 | 100% |
| Queso y Piña | 1.268 | 100% |
| Total | 1.190.428 | |

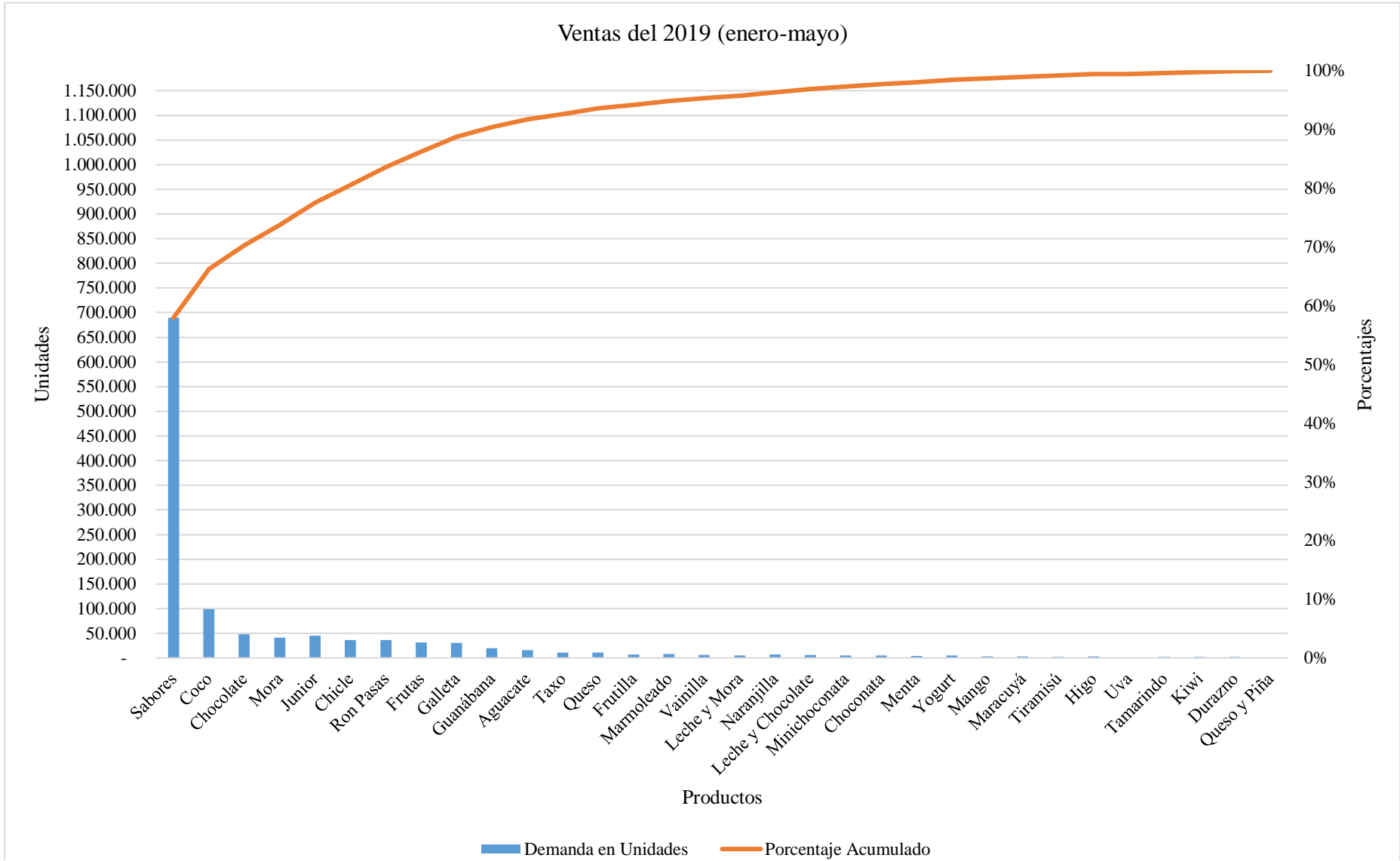


Figura 38 Pareto del resumen de ventas del 2019 (enero-mayo)

Debido a la gran demanda de estos tipos de helados, se los considera los productos principales de la empresa, y se hace énfasis en el de mayor cantidad de ventas como es el helado de sabores.

Problemas vitales o variables críticas

Se toma una muestra de la producción diaria del producto de mayor demanda seleccionada por el periodo de un mes, la fórmula que se utiliza para calcular el tamaño de muestra diaria se detalla en la Ecuación 1.

En la Tabla 12 se muestran los datos utilizados para el cálculo de la muestra.

Tabla 12 Cálculo de muestra para identificación de fallas

| Datos | |
|--|-----------|
| N =Tamaño de Población diaria del producto de mayor demanda(unidades) | 6600 |
| Z =Nivel de confianza del 95% | 1,96 |
| P = Probabilidad de éxito puesta 50% | 0,5 |
| q = Probabilidad de fracaso puesta 50% | 0,5 |
| E = Error de muestreo aceptable ubicado a conveniencia | 0,0170609 |
| Resultado | |
| n = Tamaño de muestra a ser inspeccionada (unidades) | 2200 |

Una vez con el tamaño de muestra se utiliza un muestreo aleatorio por conglomerados para ubicar a los productos a inspeccionar, tanto en el proceso de desmoldado como en el de enfundado y sellado; para esto se utiliza la hoja de verificación ya realizada Anexo 2 y por medio de una gráfica de Pareto Figura 39, se puede jerarquizar los defectos, así como los que se encuentran en el 80%, en la Tabla 13 se ilustra más a detalle los tipos de defectos y en que procesos se encuentran, además de la frecuencia con la que se presentaron durante el periodo de estudio.

Tabla 13 Datos para la gráfica de Pareto: defectos encontrados

| Proceso | Defectos | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje Acumulado |
|---------------------|--|------------|------------|----------------------|
| Desmoldado | Rotura parcial o total del palillo de madera | 204 | 30,63% | 30,63% |
| Dosificación Manual | Mezcla de sabores | 126 | 18,92% | 49,55% |
| | Mermelada en los bordes y puntas | 111 | 16,67% | 66,22% |
| | Helados incompletos | 100 | 15,02% | 81,23% |
| Enfundado y Sellado | Corte del helado o del palillo de madera | 86 | 12,91% | 94,14% |
| | Mal sellado | 39 | 5,86% | 100,00% |
| Total | | 666 | 100,00% | |

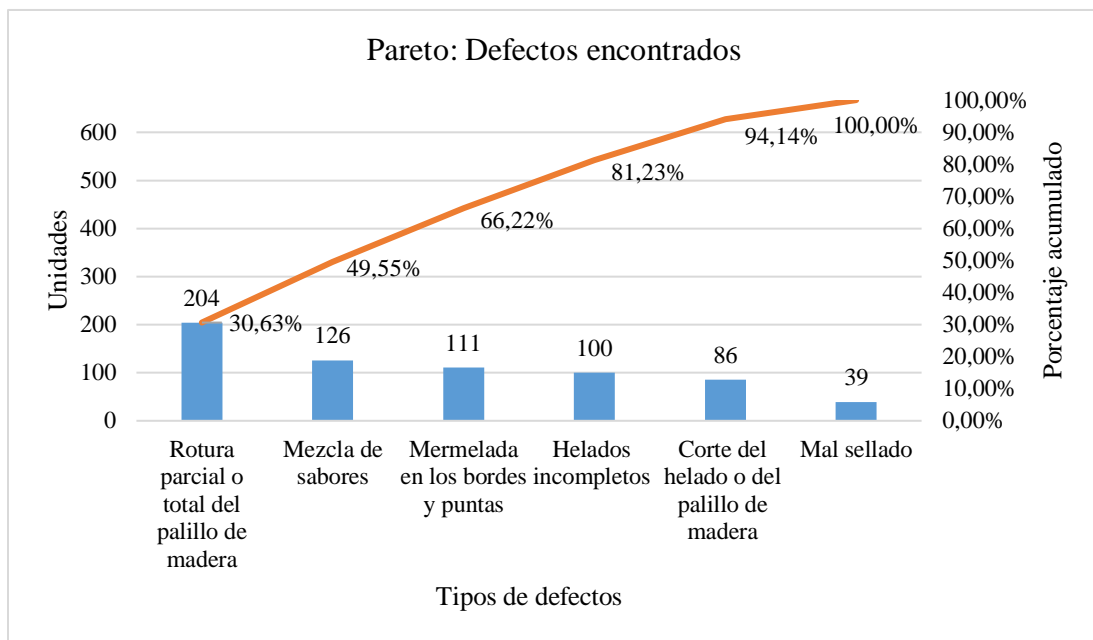
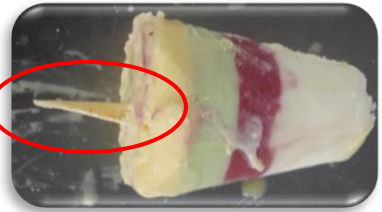





Figura 39 Gráfica de Pareto defectos encontrados

Como se muestra en la Figura 39 el 81,23% del total de los defectos encontrados en el periodo de observación pertenecen a los procesos de dosificación manual y desmoldado, sin embargo, el proceso de enfundado y sellado también presenta productos defectuosos que necesitan ser reprocesados, estos al igual que los demás representan pérdidas para la empresa, en la Tabla 14 se muestra más a detalle cada uno de estos defectos.

Tabla 14 Descripción de los defectos encontrados

| Proceso | Defecto | Imagen |
|---------------------|--|---|
| Desmoldado | <p>Rotura parcial o total del palillo de madera: Se presenta y se produce en el área de desmoldado, el palillo de madera se rompe al momento de extraer el helado del molde.</p> |  <p>A photograph of a multi-layered ice cream bar on a wooden stick. A red circle highlights the point where the stick has broken, with a small piece of wood protruding from the top of the bar.</p> |
| Dosificación manual | <p>Mezcla de sabores: Los diferentes sabores que conforman el helado tienden a mezclarse de manera que afecta la presentación del producto, en su mayoría la vainilla se ve afectada por el sabor de mora, estos son enviados a reproceso.</p> |  <p>A photograph of an ice cream bar showing a mottled appearance where the different colored layers (vanilla, raspberry, etc.) have blurred together. A red circle highlights the central area of mixing.</p> |
| | <p>Mermelada en los bordes y Puntas: La mermelada que se encuentra en el interior medio del helado tiende a salir por los bordes huecos del producto y en ciertas ocasiones por la punta del helado, perjudicando su imagen y siendo una razón para ser reprocesados.</p> |  <p>A photograph of an ice cream bar where a dark, jam-like substance is oozing out from the top tip. A red circle highlights the oozing area.</p> |
| | <p>Helados incompletos: Los helados no cuentan con los 4 sabores que debe tener o las cantidades no son las correctas, en su mayoría sucede con los dos últimos sabores a dosificar</p> |  <p>A photograph of an ice cream bar that appears to be missing some of its layers. A red circle highlights the top portion of the bar, which seems incomplete.</p> |



| | | |
|----------------------------|--|--|
| | (naranja y taxo) al no cumplir con las especificaciones del helado de sabores estos son enviados a reproceso. | |
| Enfundado y Sellado | Corte del helado o del palillo de madera: Esto se da en el interior de la máquina de enfundado y sellado (FLOPACK), en el momento de cortar la funda, la maquina corta el helado o el palillo de madera, siendo un motivo para que el producto sea llevado a reproceso. |  |
| | Mal sellado: En ciertas ocasiones el empaque no se logra sellar por completo dejando que el helado quede expuesto al ambiente, esto produce que se lo tome como un producto defectuoso y llevado a reproceso. |  |

Tabla 15 Variables críticas

| Variables Críticas | | |
|---|--|---|
| Y1: Estado del Palillo de madera | Y2: Sellado del helado | Y3: Textura del helado |
| Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> Rotura parcial o total del palillo de madera | Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> Corte del helado o del palillo de madera Mal sellado | Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> Mermelada en los bordes y puntas Mezcla de sabores Helados incompletos |

Como se muestra en la Tabla 15 existen 3 tipos de variables críticas que se manifiestan en diferentes tipos de procesos productivos, las modificaciones de estas variables producen los defectos encontrados anteriormente, lo que provoca que el producto sea enviado a reproceso, el estudio debe centrarse en estas variables y como es su comportamiento a través del tiempo.

Identificación de ctq's

Para el desarrollo del proyecto se han encontrado 2 tipos de clientes, Internos y Externos. Como clientes Internos se ha identificado al personal de producción que interactúa con el producto a lo largo de su cadena productiva. Como clientes Externos se han considerado a los diferentes distribuidores y al consumidor final. En la Tabla 16 se muestra los tipos de clientes y su descripción.

Tabla 16 Tipos de clientes

| Clientes Internos | | Clientes Externos | |
|--|--|-------------------|---|
| Cliente | Proceso y/o Tareas | Cliente | Detalle |
| Jefe de Producción (Ingeniera en Alimentos) | Recepción y pasteurización de la leche, almacenamiento del producto final. | Distribuidores | Intermediario que percibe el producto al por mayor. |
| Obreros | Licudo, dosificación y desmoldado. | Cliente final | Percibe el producto final sin ningún intermediario. |
| Departamento de Ventas | Comercialización. | | |

Es necesario identificar estos requerimientos tanto en los clientes internos que reciben el producto de un proceso para continuar hacia otro, así como los clientes externos tanto distribuidores como el cliente final. En la Figura 40 se muestran los requerimientos de los clientes externos e internos. Para esto se utiliza un mapa de necesidades del cliente, empezando por la entrevista al departamento administrativo y de producción, para luego de una tormenta de ideas agrupar los requerimientos encontrados y clasificarlos de acuerdo al nivel de importancia para el cliente, en el caso de los clientes internos son las propias personas que trabajan dentro de la empresa las encargadas de dar la jerarquización a sus requerimientos y en el caso de los externos el departamento administrativo será el encargado de hacerlo, de esta manera se asegura que cada requerimiento tenga su importancia debida.

Como se muestra en la Figura 40 los requerimientos críticos pertenecen a una distribución directa del producto por parte de la empresa y la calidad de los productos en lo que respecta a Clientes Externos y un control minucioso de la calidad en los procesos de producción, así como productos sin defectos a lo que respecta en Clientes Internos. Los CTQ's con los que se trabaja en el proyecto se muestran en la Figura 41.

Como se puede notar en la Figura 40 tanto los clientes internos como los clientes externos quieren un producto de calidad, estas se convierten en críticos para la calidad (CTQ's) de salida debido a que interactúan directamente con la satisfacción del cliente.

En resumen, la variable que se van a utilizar en el proyecto se basan en el CTQ encontrado.

X: Nivel de Calidad

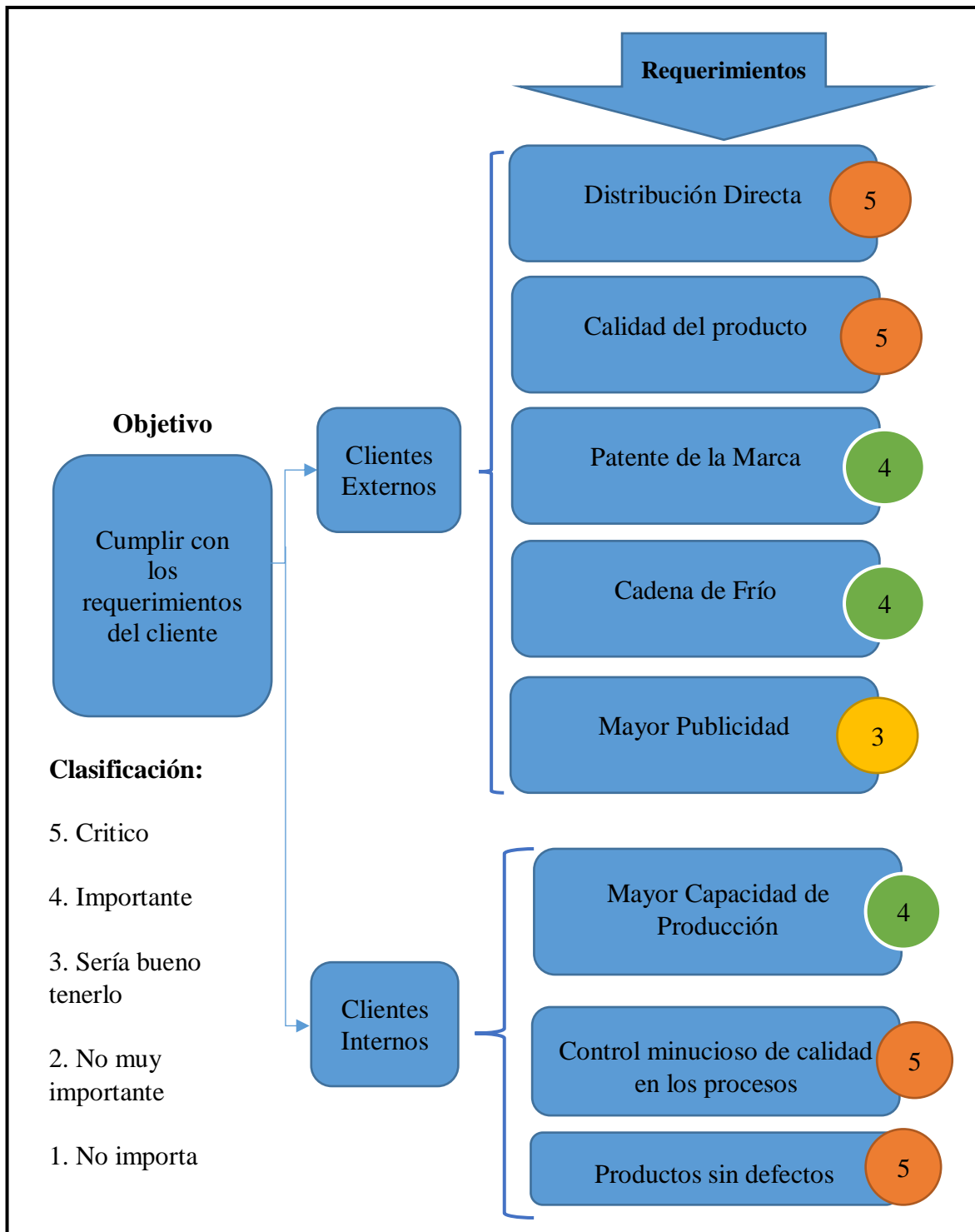


Figura 40 Identificación de requerimientos por tipos de clientes

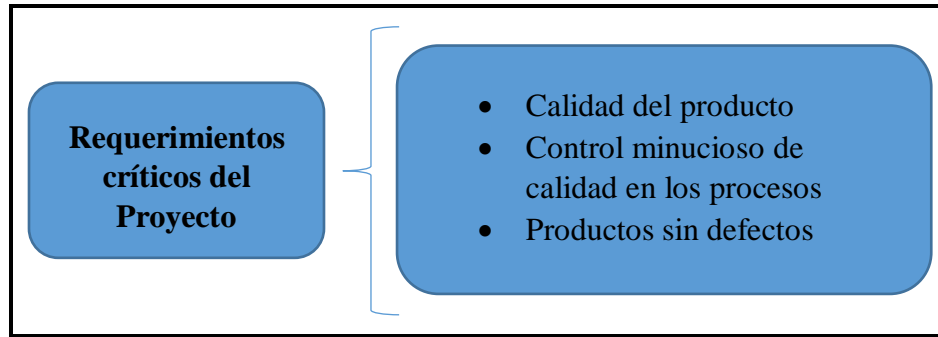


Figura 41 Requerimientos críticos involucrados en el proyecto

Alcance del proyecto

Debido a la alta demanda del Helado de Sabores sobre los demás productos Figura 38 el proyecto Six Sigma toma este como el producto de mayor demanda, al cual será dirigida la investigación para analizar el nivel de variabilidad que existe en sus procesos de producción que presenten problemas, así como el estudio de los fallos presentes en el mismo e identificados en la Figura 39 de los cuales se detalla en la Tabla 14.

Los beneficios potenciales gracias a esta metodología están entre medir el nivel de calidad Six Sigma de los procesos más representativos, identificar las variables críticas que afecten la calidad del producto, así como sus posibles fuentes, establecer propuestas de mejora continua en los procesos productivos para disminuir pérdidas por reprocesos y definir herramientas para un control más estricto en la calidad de los Helados de Sabores.

Definición del equipo de trabajo

Una parte principal para el desarrollo del proyecto Six Sigma es la definición de las personas que intervienen en el mismo, de manera que se pueda desarrollar sin ningún problema y de forma correcta, para esto se establecen las tareas a realizar por cada uno de los integrantes del equipo los mismos que se encuentran distribuidos en diferentes fases DMAIC, por medio de la entrevista realizada al jefe de producción y la observación directa se especifica el equipo de trabajo Tabla 17.

Tabla 17 Equipo de trabajo para el proyecto Six sigma

| Nivel Jerárquico | Cargo en la Empresa | Etapas a Involucrarse (DMAIC) | Funciones y/o Tareas |
|-------------------------|----------------------------|---|--|
| Externo | Investigador | Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar. | <p>Investigador externo encargado de la implementación de las etapas de la metodología Six Sigma DMAIC con fines educativos y a favor de la calidad en los procesos productivos de la empresa por medio de un análisis actual.</p> <p>Dar a conocer a los integrantes del equipo la finalidad de la Metodología Six Sigma, así como las responsabilidades y funciones de cada uno.</p> |
| Gerencia | Gerente general | Definir | Instruir al investigador acerca de los problemas existentes en la empresa y sus necesidades como empresa. |
| Supervisor | Jefe de producción | Definir, Medir, Analizar, Controlar, Mejorar | <p>Encargado de brindar información acerca de los procesos productivos de la empresa, los problemas existentes en ellos y defectos en el producto final.</p> <p>Supervisar y controlar las acciones realizadas por el personal, así como las funciones en las etapas de la metodología Six Sigma.</p> <p>Trabajar en conjunto con el investigador para la toma de datos e informar a gerencia del avance del proyecto.</p> |

| | | | |
|------------------------------------|----------------|---|--|
| Producción | Obreros | Medir, Analizar, Mejorar, Controlar. | <p>Encargados de proporcionar las características que afectan la calidad del producto y donde se presentan con más frecuencia y toda la información requerida para el estudio Six Sigma.</p> <p>Identificar las posibles causas raíz de los defectos presentes en el producto.</p> <p>Implementar las herramientas de control, así como las posibles mejoras establecidas por el investigador en conjunto con Gerencia, Departamento administrativo y el Jefe de Producción.</p> |
| Departamento Administrativo | Administradora | Definir | Encargados de proporcionar información necesaria para la definición del proyecto Six Sigma. |

Fase MEDIR

Identificación de la medición

- El problema y sus causas

Para conocer de mejor manera el problema se cuenta con un diagrama causa-efecto para cada uno de ellos, a continuación, se muestran las principales causas de problemas como: rotura parcial o total del palillo de madera, mezcla de sabores, mermelada en los bordes y puntas, helados incompletos, corte del helado o del palillo de madera y mal sellado.

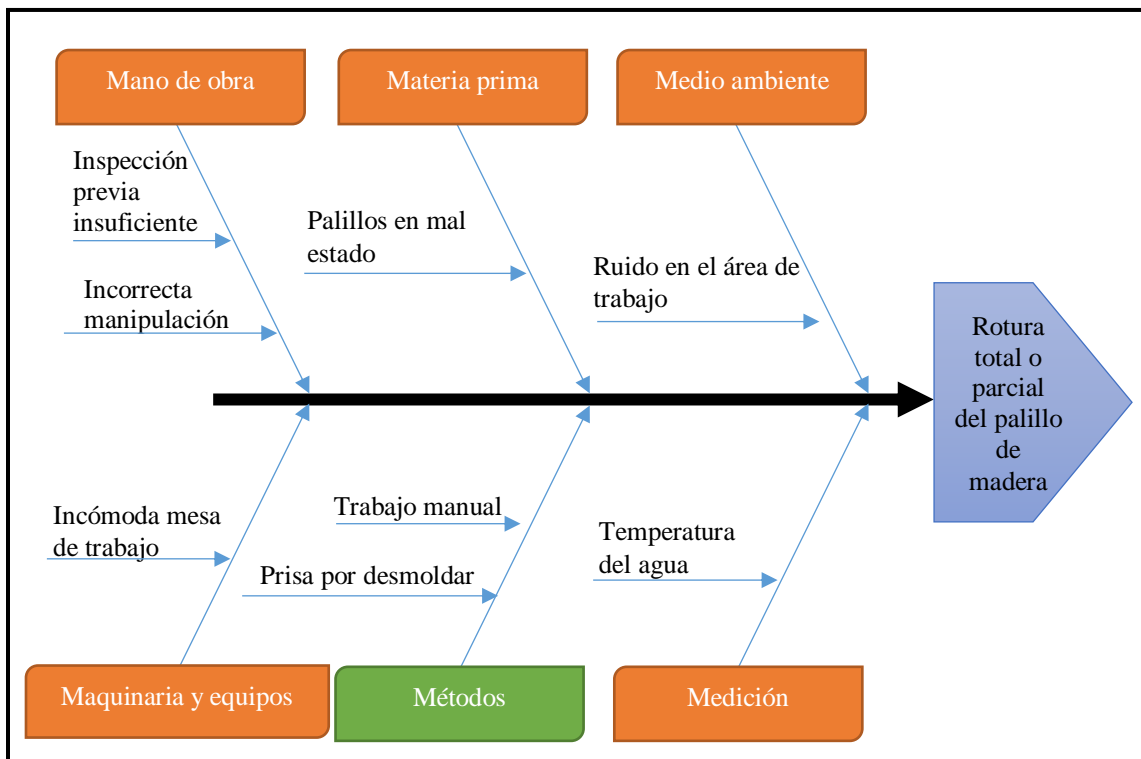


Figura 42 Diagrama causa-efecto *rotura parcial o total del palillo de madera*

Analizado el diagrama causa-efecto de *rotura parcial o total del palillo de madera* Figura 42 se puede notar que existen causas que se atribuyen a la mano de obra puesto que los trabajadores no inspeccionan a profundidad el estado del palillo al momento de ubicarlos

en los helados, así también como su incorrecta manipulación al momento de sacar el producto del molde provoca que este se rompa.

En lo que respecta a materia prima existen palillos defectuosos de fábrica que necesitan un control de calidad al momento de su recepción.

Otro factor es el medio ambiente debido a que existe un considerable nivel de ruido continuo provocado por los motores de los congeladores, lo que puede influir en la concentración del trabajador. La falta de una base para ubicar los moldes durante el proceso de desmoldado es otra causa que se le atribuye a la parte de maquinaria y equipos, ya que debido a esto los trabajadores se ven obligados a montar los moldes sobre el borde de la mesa de trabajo provocando inestabilidad al momento de sacar los helados.

Puesto que el método de trabajo es completamente manual, existen un grado de error al momento de sacar los helados del molde, los palillos tienden a romperse en su totalidad o parcialmente, además que no cuentan con un método adecuado para trabajar en horas de alta producción. Existen causas que se atribuyen a la medición; la temperatura del agua en la que se sumerge los moldes debe ser la adecuada, caso contrario el producto se adhiere a sus paredes provocando la rotura parcial o total del palillo al momento de ser desmoldado.

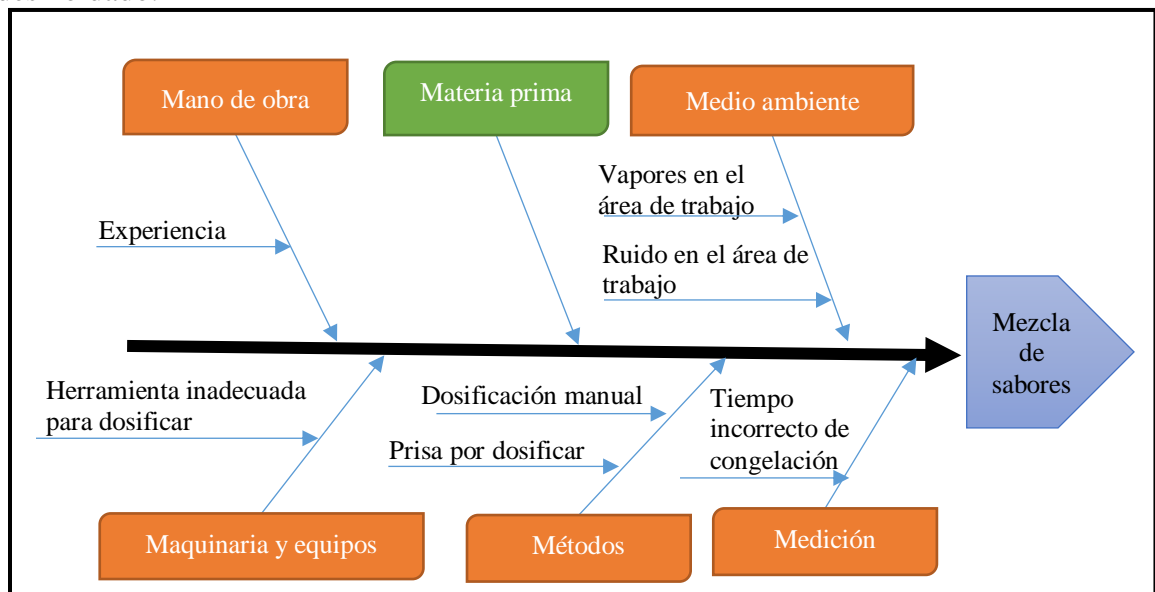


Figura 43 Diagrama causa-efecto mezcla de sabores

Una vez analizado el diagrama causa-efecto de la *mezcla de sabores* Figura 43 se puede notar que existen problemas con la mano de obra puesto que la experiencia produce que el trabajador no se dé cuenta al momento que los sabores del helado están siendo mezclados unos con otros, el desempeño de un trabajador novato no será el mismo con uno que lleva mucho tiempo en el proceso. En el caso del medio ambiente, existen vapores de agua, así como ruido continuo producido por motores en el área de trabajo los cuales resultan molestos para los trabajadores y su concentración.

El tipo inadecuado de jarro dosificador es otra causa que se le atribuye a maquinaria y equipos, debido a que no es el equipo adecuado este provoca que la mezcla se riegue en las paredes de los moldes sin que el trabajador se dé cuenta. Debido a que el método es manual este siempre tendrá cierto grado de error que dependiendo de la experiencia del trabajador será mínimo o considerable, así como la prisa por dosificar provoca que los trabajadores no midan correctamente el tiempo de congelación de un sabor a otro, provocando que el sabor dosificado se mezcla con el que todavía sigue en proceso de congelación y un problema en la medición.

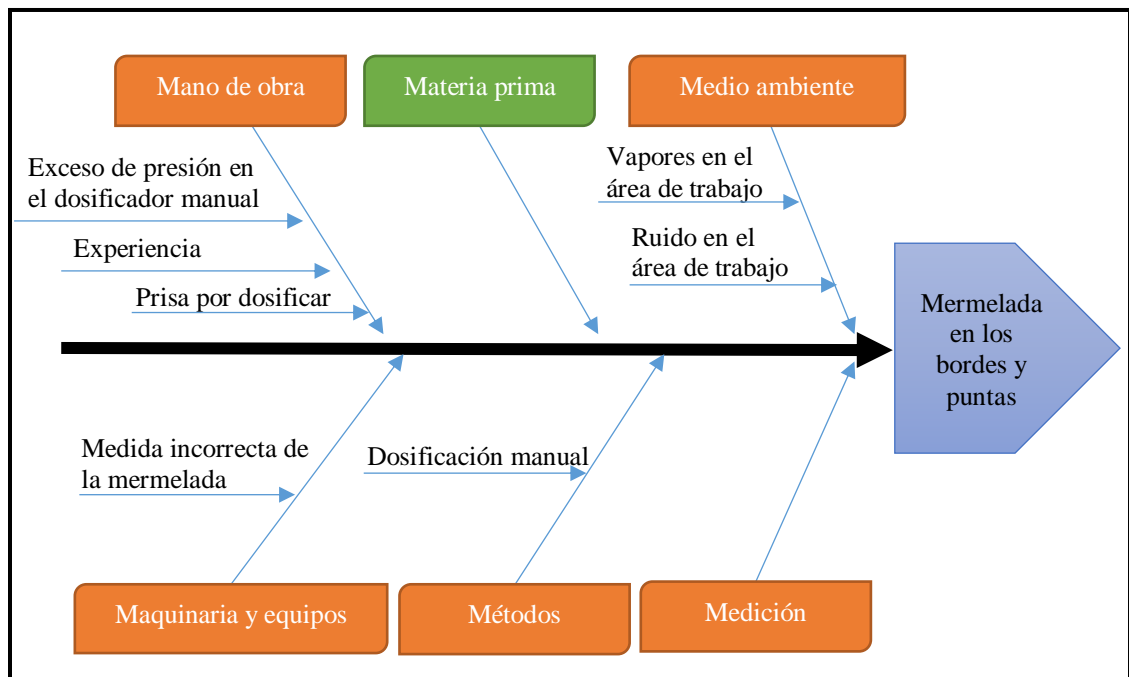


Figura 44 Diagrama causa-efecto *mermelada en los bordes y puntas*

Una vez analizado el diagrama causa-efecto de *mermelada en los bordes y puntas* Figura 44 existen causas que se le atribuyen a la mano de obra, el exceso de presión en el dosificador de plástico provocando que la mermelada salga por los bordes y en ocasiones a la punta del helado, esto también dependerá de la experiencia del trabajador, en ciertas ocasiones cuando existe una alta demanda de helados de sabores el trabajador realiza sus actividades con prisa, esto ocasiona que descuiden la cantidad a dosificar en cada helado.

En lo que respecta al medio ambiente, existen vapores de agua, así como ruido continuo producido por motores en el área de trabajo los cuales resultan molestos para los trabajadores y su concentración.

El equipo para la dosificación al no ser el correcto para el trabajo, aporta con un grado de error que dependerá mucho del cuidado con el que lo maneje el trabajador, puesto que no cuenta con una forma de medir la cantidad correcta de mermelada.

Debido a que el método es manual este siempre tendrá cierto grado de error que dependiendo de la precisión del trabajador será mínimo o considerable.

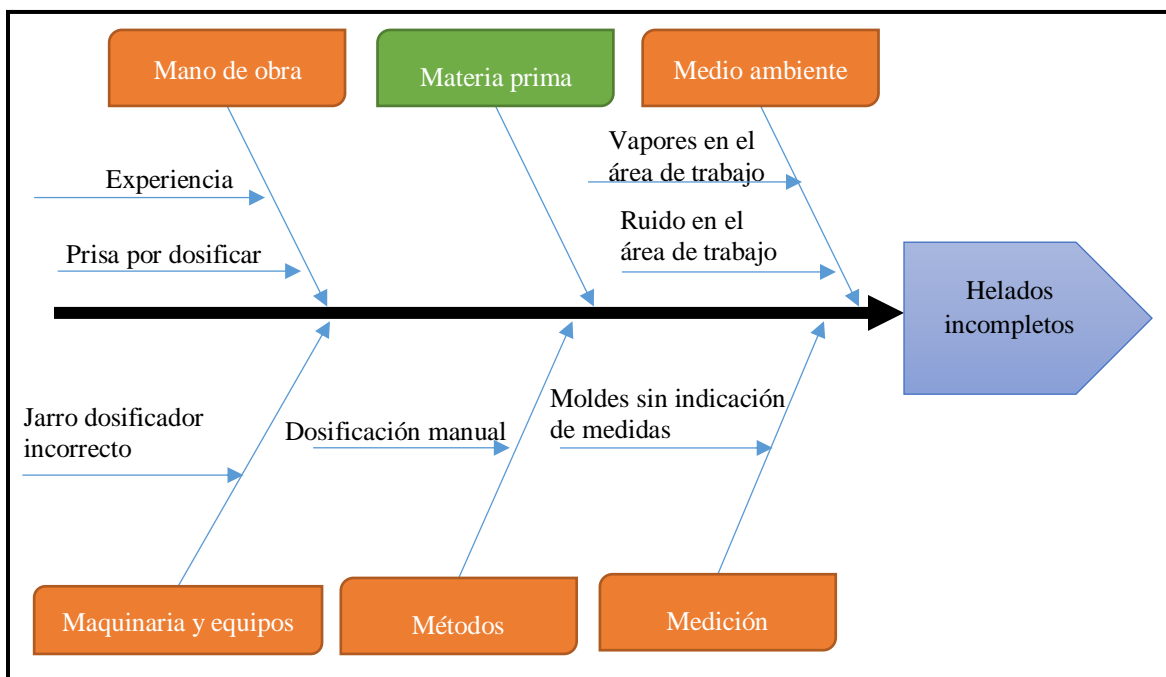


Figura 45 Diagrama causa-efecto *helados incompletos*

Con el diagrama causa-efecto *helados incompletos* Figura 45 se encontraron causas que se le atribuyen a la mano de obra, la experiencia del trabajador al momento de dosificar es un factor que provocan que ciertos sabores queden incompletos o falte uno de ellos en el helado, siendo estos retirados a reproceso; parte de esto también la prisa con la que dosifican los trabajadores y siendo como producto el descuido de los mismos.

En la parte de medio ambiente, existen vapores de agua, así como ruido continuo producido por motores en el área de trabajo los cuales resultan molestos para los trabajadores y su concentración. Dentro de maquinaria y equipos existen causas como la de no trabajar con jarros dosificadores adecuados, con los actuales se presentan derrames de la mezcla sobre las paredes del molde causando manchas en los sabores siguientes. La medida incorrecta de cada sabor se atribuye a que los moldes no cuentan con una medida especificada en ellos.

Existen causas que se le atribuye al método de dosificación utilizado, debido a que esto es manual siempre existirá una pequeña inconsistencia en la precisión del trabajador, en especial al momento de dosificar los dos últimos sabores, en ocasiones el último sabor queda incompleto, por otra parte, los moldes no cuentan con la medición que debe tener cada sabor.

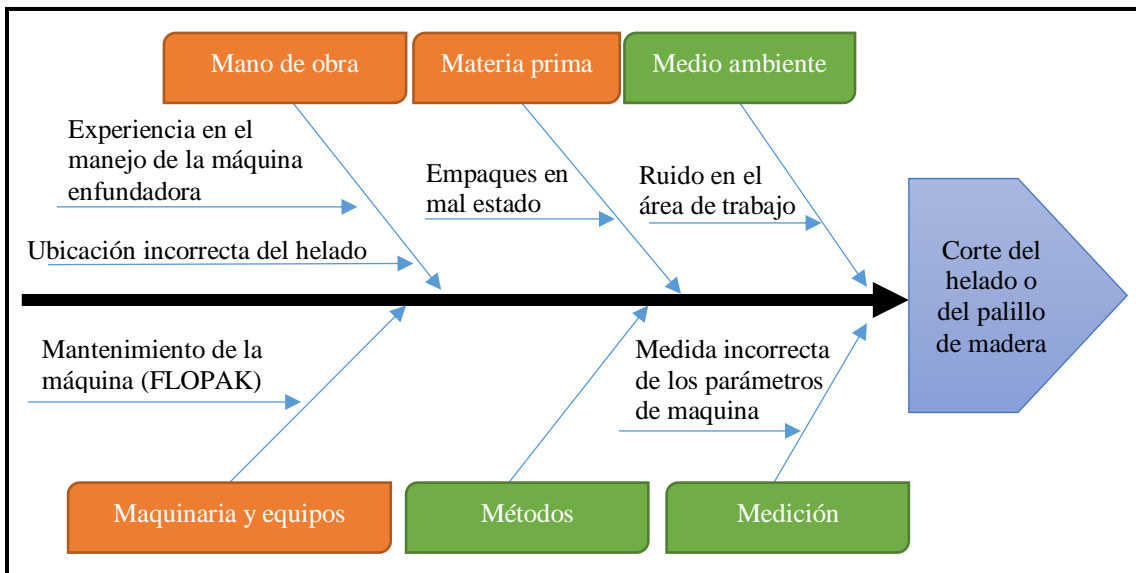


Figura 46 Diagrama causa-efecto del *corte del helado o del palillo de madera*

Una vez analizado el diagrama causa-efecto *corte del helado o del palillo de madera* Figura 46 se puede notar que existen causas que se le atribuyen a la mano de obra, una de ellas es la experiencia en el manejo de la máquina, una mala calibración por parte de trabajadores sin la experiencia suficiente trae como consecuencia productos defectuosos; otra causa es la mala ubicación de los helados en la banda transportadora, estos deben ser colocados de manera correcta y con el palillo siempre en el centro o en la parte inferior, caso contrario la máquina cortara el palillo o el helado junto con el empaque provocando que estos productos vayan a reproceso y en ciertas ocasiones los empaques se encuentran en mal estado, no cuentan con la medida requerida.

En lo que respecta a medio ambiente, existe ruido continuo por parte de los motores de los congeladores, el mismo que resulta molesto para los trabajadores y su concentración al momento de ubicar los helados en la banda transportadora de la maquina enfundadora.

En maquinaria y equipos la causa principal es el mantenimiento de la FLOPAK (máquina enfundadora y selladora), debido a que es más común realizar un mantenimiento correctivo que preventivo, así también que no cuentan con un técnico propio para definir los parámetros correctos en los que se debe encontrar la máquina.

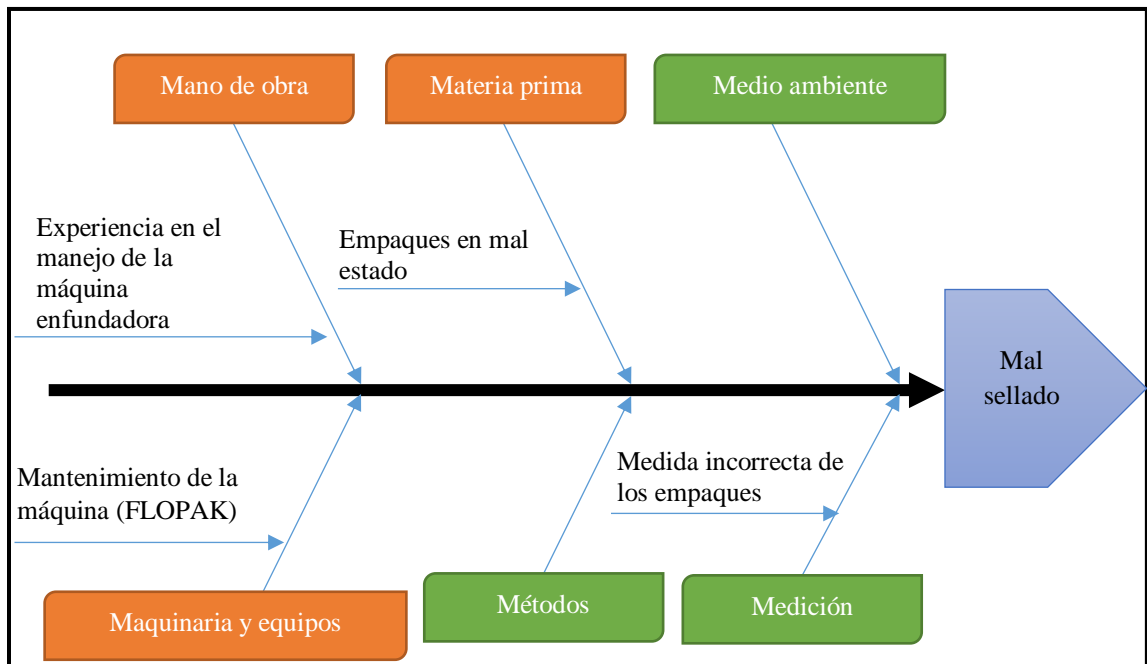


Figura 47 Diagrama causa-efecto del *mal sellado*

Una vez analizado el diagrama causa-efecto del *mal sellado* Figura 47 se puede notar que existe una causa que se atribuye a la mano de obra, esta es la experiencia en el manejo de la máquina enfundadora y selladora (FLOPAK), puesto que al ser manejada por personal sin la experiencia necesaria esta es descalibrada, dando como resultado que los empaques no se sellen completamente y el helado quede expuesto al ambiente.

En lo que se refiere a materia prima existen causas como el que los rollos del empaque del helado no cuentan con la medida correcta en ciertas ocasiones, lo que provoca que el producto final no pueda sellarse de manera correcta. En maquinaria y equipos la causa principal es el mantenimiento de la máquina enfundadora y selladora, debido a que es más común realizar un mantenimiento correctivo que preventivo, lo que trae consigo productos defectuosos al ser mal enfundados y sellados. Con respecto a medición, no se mide correctamente el ancho de los empaques del helado de sabores.

- **Variables**

Una vez analizado los procesos productivos para la elaboración del helado de sabores y sus problemas de una mejor manera, se conoce que existen tres procesos críticos en los cuales se presentan la mayor cantidad de defectos, los cuales deben ser analizados y medidos; puesto que en ellos se encuentran las variables críticas; en la Figura 48 se identifican dichas variables.

| Procesos críticos | | |
|---|--|--|
| Desmoldado | Enfundado y sellado | Dosificación manual |
| Variable crítica | Variable crítica | Variable crítica |
| Y1: Estado del palillo de madera | Y2: Sellado del helado | Y3: Textura del helado |
| Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> • Rotura parcial o total del palillo de madera | Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> • Corte del helado o del palillo de madera y mal sellado. | Tipos de defectos <ul style="list-style-type: none"> • Mermelada en los bordes y puntas • Mezcla de sabores • Incompletos • Manchados |

Figura 48 Procesos y variables críticas

Recolección de datos

Se establece un periodo de observación de 1 mes (días laborables) para que los datos sean lo más confiables posibles, para esto se toma una muestra diaria de la producción total utilizando la fórmula que se detalla en la Ecuación 1 en la Tabla 12 se muestran los datos utilizados para el cálculo de la muestra, obteniendo con esta un tamaño de muestra de 2200 unidades a ser inspeccionadas diariamente, las visitas se la realizan en la mañana debido a que la elaboración del producto de mayor demanda se lo realiza en ese horario, se utiliza un muestreo aleatorio por conglomerados debido al tiempo y que los procesos son continuos.

Los datos que se recolectan están en función del CTQ encontrado, los procesos críticos, variables críticas y sus características, esto se resume en la Tabla 18.

Para conocer el estado actual de los procesos críticos de la empresa “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”, es necesario la aplicación de métricas Six Sigma en cada uno de estos procesos, para lo cual es fundamental contar con los datos recolectados a través de las hojas de verificación, los mismos se encuentran en resumidos en la Tabla 19.

Tabla 18 Datos recolectados en función de los CTQs encontrados

| Crítico para la calidad (CTQ) | Procesos críticos | Variables críticas | Métricas Six Sigma y características a medir | Técnicas y/o herramientas |
|-------------------------------|---------------------|--|--|---|
| Nivel de Calidad | Dosificación Manual | Textura del Helado | PPM | <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de Verificación (Anexo 2) • Observación |
| | | | Nivel Sigma | |
| | | | C_p (Capacidad del Proceso) | |
| | | | Índice Yield | |
| | NPR | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Observación • Matriz AMEF | | |
| | Desmoldado | Estado del palillo de madera | PPM | <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de Verificación (Anexo 2) • Observación |
| | | | Nivel Sigma | |
| | | | C_p (Capacidad del Proceso) | |
| | | | Índice Yield | |
| | | | NPR | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Observación • Matriz AMEF |
| | | | Repetibilidad Reproducibilidad | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Observación • Hoja de evaluación (Anexo 3) |
| | Enfundado y Sellado | Sellado del Helado | PPM | <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de Verificación (Anexo 2) • Observación |
| | | | Nivel Sigma | |
| | | | C_p (Capacidad del Proceso) | |
| | | | Índice Yield | |
| | | | NPR | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Observación • Matriz AMEF |

Tabla 19 Datos recolectados

| Julio 2019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|------------------|
| Procesos críticos | Defectos | Días observados | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | Porcentaje total |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| | | Frecuencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dosificación manual | Mezcla de sabores | 7 | 7 | 5 | 4 | 8 | 9 | 7 | 3 | 2 | 4 | 11 | 9 | 7 | 12 | 10 | 2 | 6 | 13 | 126 | 18,92% |
| | Mermelada en los bordes y puntas | 5 | 6 | 12 | 5 | 10 | 8 | 7 | 6 | 3 | 8 | 7 | 5 | 2 | 2 | 8 | 4 | 5 | 8 | 111 | 16,67% |
| | Helados incompletos | 3 | 1 | 12 | 6 | 6 | 7 | 9 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 | 3 | 1 | 7 | 100 | 15,02% |
| Desmoldado | Rotura parcial o total del palillo de madera | 20 | 17 | 11 | 9 | 8 | 11 | 10 | 8 | 7 | 5 | 8 | 13 | 21 | 8 | 16 | 7 | 15 | 10 | 204 | 30,63% |
| Enfundado y sellado | Corte del helado o palillo de madera | 7 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 3 | 4 | 2 | 8 | 4 | 5 | 10 | 5 | 9 | 3 | 2 | 5 | 86 | 12,91% |
| | Mal sellado | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 | 1 | 6 | 5 | 39 | 5,86% |
| Total | | 43 | 32 | 44 | 29 | 38 | 44 | 40 | 26 | 21 | 31 | 36 | 38 | 51 | 36 | 54 | 20 | 35 | 48 | 666 | 100% |

En la Tabla 19 se muestra el número total de productos defectuosos encontrados en el mes de observación, a diferencia de la Tabla 13, en esta se puede encontrar con más detalles la información recolectada como el tipo de defecto que presentan los helados de sabores, de este se puede decir que la mayor cantidad defectos se concentra en rotura parcial o total del palillo de madera que representa el 30,63% del total de los defectos encontrados, y con un 5,86% el mal sellado se convierte en el de menor frecuencia pero también considerado un problema a ser tratado durante todo el estudio, puesto que en conjunto con los otros defectos representan una cantidad considerable de productos a ser reprocesados.

No obstante, también es necesario contar con información como la población, muestra, periodo de observación entre otros, esta información se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20 Datos población – muestra para el estudio

| Descripción | Medidas | Observaciones con respecto al producto de mayor demanda |
|---|-----------------|--|
| Número de días observados en 1 mes | 18 días | Corresponde al número de días en los que se realizaron las visitas debido a que en los demás no existe producción del helado de sabores, estos días se los utiliza para la elaboración de los otros productos. |
| Tamaño global de la población | 118800 unidades | Corresponde al número total de helados producidos en el mes de observación. |
| Tamaño de la población inspeccionada | 39600 unidades | Corresponde al número de helados inspeccionados en el mes de observación. |
| Tamaño de la población diaria | 6600 unidades | Corresponde al número total de helados producidos diariamente en el mes de observación. |
| Tamaño de la muestra diaria inspeccionada | 2200 unidades | Corresponde al número de helados inspeccionados cada día del mes de observación. |

Análisis de variabilidad y capacidad de los procesos críticos

Una vez con los datos estos son procesados de manera que se pueda determinar la situación actual de los procesos estudiados, analizando su variabilidad en el tiempo y el nivel de calidad de los mismos entre otras características, al tener 3 tipos de procesos críticos, es necesario conocer cuánto aportan cada uno de estos, en la Tabla 21 se muestra la cantidad de productos defectuosos encontrados en cada uno de los procesos durante el mes de observación.

Tabla 21 Datos Pareto: helados defectuosos en procesos críticos

| Proceso | Helados defectuosos | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|---------------------|---------------------|------------|----------------------|
| Dosificación manual | 337 | 50,60% | 50,60% |
| Desmoldado | 204 | 30,63% | 81,23% |
| Enfundado y sellado | 125 | 18,77% | 100% |
| Total | 666 | 100% | |

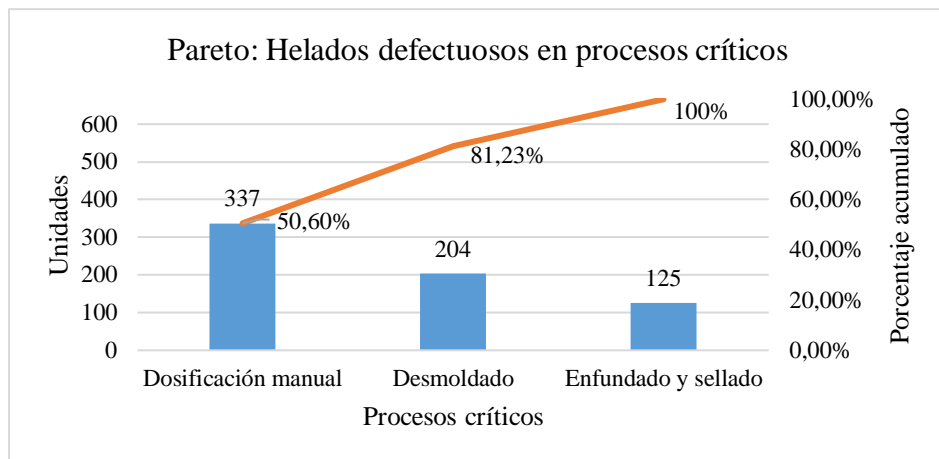


Figura 49 Pareto: Helados defectuosos en procesos críticos

Analizando el diagrama de Pareto de la Figura 49 se puede entender que el 81,23% de los helados defectuosos encontrados durante el mes de observación corresponden a los procesos críticos dosificación manual y desmoldado, sin embargo, el proceso de enfundado y sellado también es considerado debido a su acumulación de productos defectuosos mes tras mes. Para conocer más a fondo el estado en el que se encuentran

cada uno de los procesos críticos es necesario estudiarlos por separado como se muestra a continuación:

Dosificación manual

Considerado como el proceso crítico que presenta la mayor cantidad problemas, debido a que se le atribuye el 50,60% del total de los productos defectuosos encontrados en el periodo de observación (1 mes) según la Tabla 21, cabe recalcar que dentro de este proceso se presentan 3 tipos de defectos y estudiados por medio de un diagrama de Pareto de segundo nivel con los datos de la Tabla 22 se tiene como resultado la Figura 50.

Tabla 22 Datos Pareto: defectos en el proceso de dosificación manual

| Defectos | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje Acumulado |
|---|------------|------------|----------------------|
| Mezcla de sabores | 126 | 37% | 37% |
| Mermelada en los bordes y Puntas | 111 | 33% | 70% |
| Helados incompletos | 100 | 30% | 100% |
| Total | 337 | 100% | |

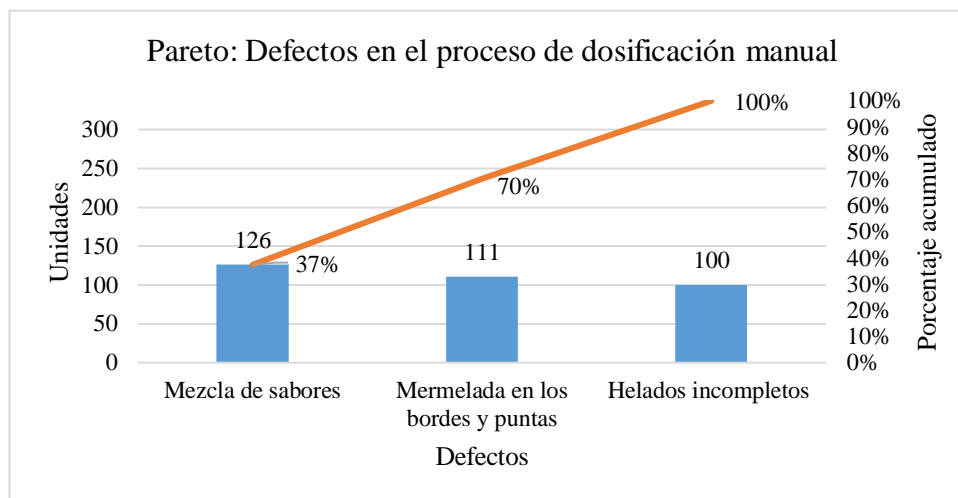


Figura 50 Pareto: Defectos en el proceso de dosificación manual

Según el diagrama de Pareto de la Figura 50, el 70% de los defectos que aparecen en el proceso de dosificación manual durante el periodo de estudio, corresponden a mezcla de sabores y mermelada en bordes y/o puntas, hay que tomar en cuenta que los tres tipos de defectos se presentan con un valor de porcentaje parecido, siendo estos el 37%, 33% y

30%, demostrando que no existe un defecto crítico sobre los otros, sino que todos cuentan con un similar grado de atención.

Para analizar la variabilidad del proceso se utiliza cartas de control para atributos, pueden ser p o np , debido a que se tiene aspectos cualitativos y siguen una distribución binomial, puesto que si un helado presenta cualquiera de los tres defectos mencionados anteriormente este no pasa al siguiente proceso [23], el grafico de control utilizado corresponde a la carta p (proporción de defectuosos) donde se monitorea la proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupos, la finalidad es la detección oportuna de causas especiales que puedan incrementar la proporción de helados defectuosos en el proceso de dosificación manual, para esto se cuenta con 18 muestras inspeccionadas una cada día como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23 Datos para la carta p (dosificación manual)

| N° de muestra | Tamaño de la muestra (n_i) | Unidades defectuosas (d_i) | Proporción (p_i) $p_i = \frac{d_i}{n_i}$ |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 2200 | 15 | 0,0068 |
| 2 | 2200 | 14 | 0,0064 |
| 3 | 2200 | 29 | 0,0132 |
| 4 | 2200 | 15 | 0,0068 |
| 5 | 2200 | 24 | 0,0109 |
| 6 | 2200 | 24 | 0,0109 |
| 7 | 2200 | 23 | 0,0105 |
| 8 | 2200 | 13 | 0,0059 |
| 9 | 2200 | 9 | 0,0041 |
| 10 | 2200 | 16 | 0,0073 |
| 11 | 2200 | 23 | 0,0105 |
| 12 | 2200 | 19 | 0,0086 |
| 13 | 2200 | 16 | 0,0073 |
| 14 | 2200 | 22 | 0,0100 |
| 15 | 2200 | 26 | 0,0118 |
| 16 | 2200 | 9 | 0,0041 |
| 17 | 2200 | 12 | 0,0055 |
| 18 | 2200 | 28 | 0,0127 |
| Promedio | n = 2200 | | W = 0,0085 |

Una vez con estos datos se procede a calcular los límites de control los cuales están dados por la media y la desviación estándar de una proporción [23] para lo cual se conoce que:

$$\text{Media de una proporción} = \text{Promedio de } p_i = W$$

Para calcular el límite de control superior (LCS) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 6 conociendo que:

$$\text{Desviación estándar de una proporción} = \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{W(1 - W)}{n}}$$

$$LCS = W + (3 * \sigma_{p_i}) \quad (6)$$

Entonces:

$$LCS = 0,0085 + 3 * \sqrt{\frac{0,0085(1 - 0,0085)}{2200}}$$

$$LCS = 0,014$$

De igual manera para calcular el límite de control inferior (LCI) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 7.

$$LCS = W - (3 * \sigma_{p_i}) \quad (7)$$

Entonces:

$$LCI = 0,0085 - 3 * \sqrt{\frac{0,0085(1 - 0,0085)}{2200}}$$

$$LCS = 0,0026$$

Una vez con los límites calculados estos se los ubica en la carta p Figura 51 tomando como límite central el valor promedio de las proporciones (\bar{W}).

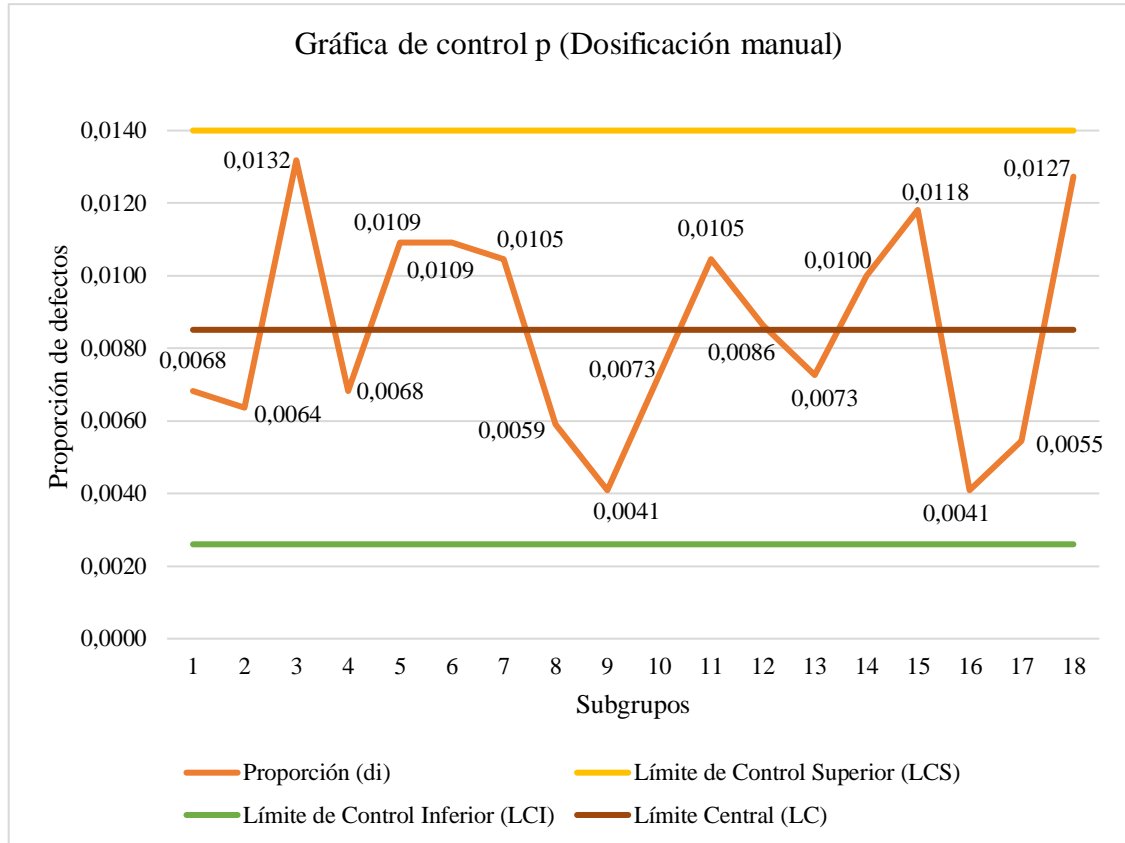


Figure 51 Gráfica de control p (Dosificación manual)

Una vez con la gráfica de control Figura 51 y sus límites, se puede observar que, de cada 2200 helados de sabores producidos, se espera que, la proporción de helados defectuosos varíe entre 0,0026 y 0,014 con un promedio de 0,0085; si a estos valores se los multiplicara por 100 se obtendría sus valores porcentuales, es decir que se espera que el porcentaje de unidades defectuosas varíe entre 0,26 y 1,4%, con un promedio de 0,85%. En promedio se espera que, de cada parada de 2200 helados de sabores a dosificar manualmente, 19 de estos presenten cualquiera de los tres defectos ya mencionados.

Analizado el flujo de puntos, este no concuerda con ningún patrón de análisis en específico. Al no tener proporciones de defectos que coincidan en los límites superior e inferior o se encuentren fuera de estos, el proceso se considera centrado. Pero su desempeño no se encuentra satisfactorio, debido a que su porcentaje promedio de defectuosos es relativamente alto 0,85% y de acuerdo a la tabla del Anexo 7 para encontrar el valor exacto del índice C_p es necesario interpolar este valor, para esto se utiliza la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el índice C_p a encontrar son:

$X =$ porcentaje promedio de defectos = 0,85

$X_1 = 0,6934$ $Y_1 = 0,9$

$X_2 = 1,6395$ $Y_2 = 0,8$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 0,9 + \left[\left(\frac{0,85 - 0,6934}{1,6395 - 0,6934} \right) * (0,8 - 0,9) \right]$$

$$Y = 0,9 + [(0,1655) * (-0,1)]$$

$$Y = 0,9 - 0,01655$$

$$Y = C_p = 0,88$$

Con índice de capacidad potencial del proceso de dosificación manual y según la Tabla 4 el proceso se encuentra en *categoría 3*, lo que quiere decir que no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis, además de modificaciones serias para incrementar su calidad, por lo cual es necesario generar un proyecto de mejora con el cual se pueda detectar y corregir las causas comunes más importantes que están generando el problema.

Desmoldado

Considerado como el segundo proceso crítico que aporta la mayor cantidad de productos defectuosos, se le atribuye el 30,63% del total de helados a ser reprocesados en el periodo de observación (1 mes) según la Tabla 21, sin embargo, en este proceso solo presenta un tipo de defecto y en el análisis general, es el que mayor porcentaje aporta.

Tabla 24 Datos para la carta p (desmoldado)

| N° de muestra | Tamaño de la muestra (n_i) | Unidades defectuosas (d_i) | Proporción (p_i) $p_i = \frac{d_i}{n_i}$ |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 2200 | 20 | 0,0091 |
| 2 | 2200 | 17 | 0,0077 |
| 3 | 2200 | 11 | 0,0050 |
| 4 | 2200 | 9 | 0,0041 |
| 5 | 2200 | 8 | 0,0036 |
| 6 | 2200 | 11 | 0,0050 |
| 7 | 2200 | 10 | 0,0045 |
| 8 | 2200 | 8 | 0,0036 |
| 9 | 2200 | 7 | 0,0032 |
| 10 | 2200 | 5 | 0,0023 |
| 11 | 2200 | 8 | 0,0036 |
| 12 | 2200 | 13 | 0,0059 |
| 13 | 2200 | 21 | 0,0095 |
| 14 | 2200 | 8 | 0,0036 |
| 15 | 2200 | 16 | 0,0073 |
| 16 | 2200 | 7 | 0,0032 |
| 17 | 2200 | 15 | 0,0068 |
| 18 | 2200 | 10 | 0,0045 |
| Promedio | n = 2200 | | W = 0,00515 |

Para analizar la variabilidad del proceso se utiliza cartas de control para atributos, también pueden ser p o np , debido a que se tiene aspectos cualitativos y siguen una distribución binomial al igual que los otros procesos, puesto que si un el palillo del helado se encuentra parcial o totalmente roto, este no puede pasar al siguiente proceso, el grafico de control utilizado también corresponde a la carta p (proporción de defectuosos) donde se monitorea la proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupos, la finalidad es la

detección oportuna de causas especiales que puedan incrementar la proporción de helados defectuosos en el proceso de desmoldado, para esto se cuenta con 18 muestras inspeccionadas como se muestra en la Tabla 24 y se calcula el valor de sus proporciones individuales.

Una vez con estos datos se procede a calcular los límites de control los cuales están dados por la media y la desviación estándar de una proporción [23] para lo cual se conoce que:

$$\text{Media de una proporción} = \text{Promedio de } p_i = W$$

Para calcular el límite de control superior (LCS) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 6 conociendo que:

$$\text{Desviación estándar de una proporción} = \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{W(1 - W)}{n}}$$

Entonces:

$$LCS = 0,00515 + 3 * \sqrt{\frac{0,00515(1 - 0,00515)}{2200}}$$

$$LCS = 0,00973$$

De igual manera para calcular el límite de control inferior (LCI) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 7.

$$LCI = 0,00515 - 3 * \sqrt{\frac{0,00515(1 - 0,00515)}{2200}}$$

$$LCS = 0,00057$$

Una vez con los límites calculados estos se los ubica en la carta *p* Figura 52 tomando como límite central el valor promedio de las proporciones (*W*).

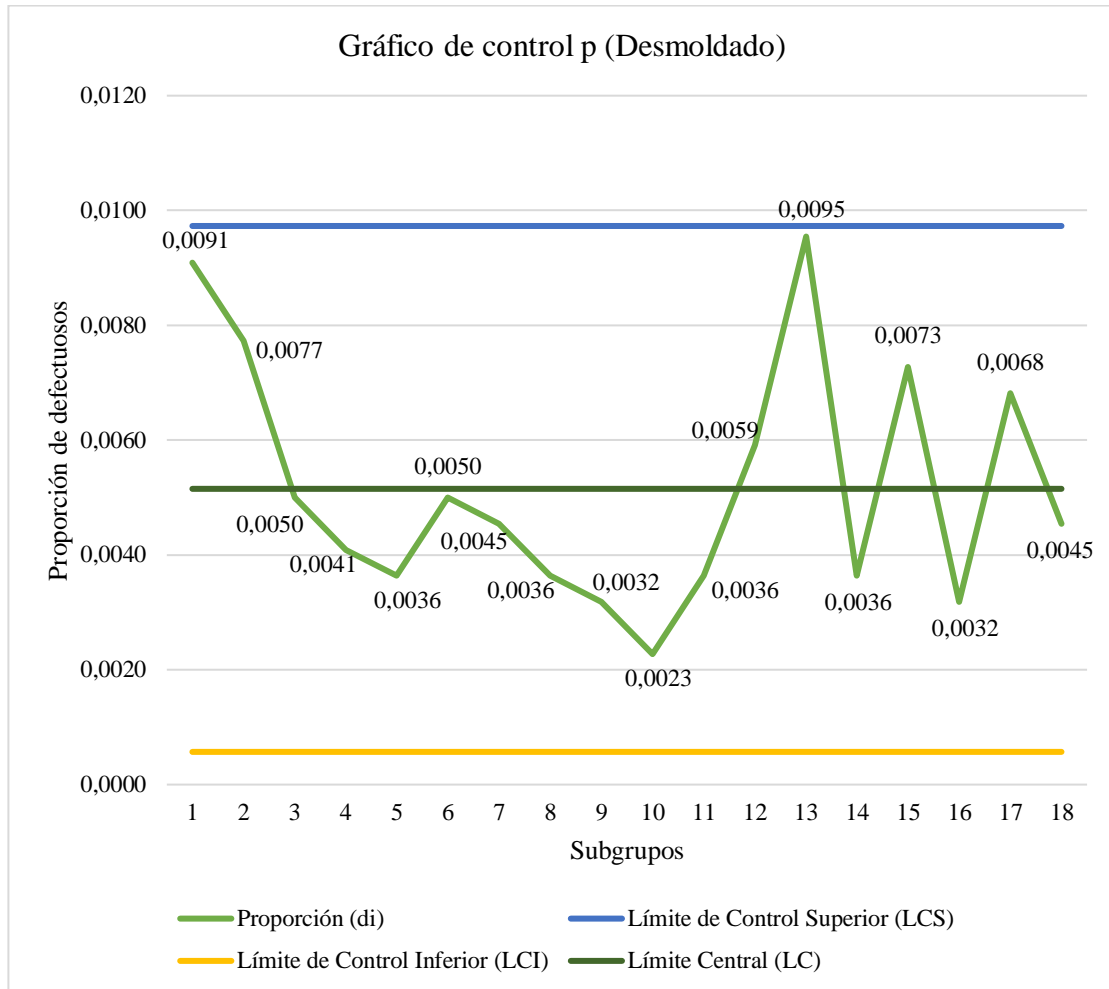


Figura 52 Gráfica de control p (Desmoldado)

Una vez con la gráfica de control Figura 52 y sus límites, se puede observar que, de cada 2200 helados de sabores producidos, se espera que, la proporción de helados defectuosos varíe entre 0,00057 y 0,00973 con un promedio de 0,00515; si a estos valores se los multiplicara por 100 se obtendría sus valores porcentuales, es decir que se espera que el porcentaje de unidades defectuosas varíe entre 0,057 y 0,973%, con un promedio de 0,515%. En promedio se espera que, de cada parada de 2200 helados de sabores a desmoldar manualmente, 11 de estos presenten rotura parcial o total del palillo de madera.

Analizado el flujo de puntos, este no concuerda con ningún patrón de análisis en específico. Al no tener proporciones de defectos que coincidan en los límites superior e inferior o se encuentren fuera de estos, el proceso se considera centrado. Pero su desempeño no se encuentra satisfactorio, debido a que su porcentaje promedio de defectos es relativamente alto 0,515% y de acuerdo al Anexo 7 para encontrar el valor exacto del índice C_p es necesario interpolar este valor, para esto se utiliza la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el índice C_p a encontrar son:

$X =$ porcentaje promedio de defectos = 0,515

$X_1 = 0,27$ $Y_1 = 1$

$X_2 = 0,6934$ $Y_2 = 0,9$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 1 + \left[\left(\frac{0,515 - 0,27}{0,6934 - 0,27} \right) * (0,9 - 1) \right]$$

$$Y = 1 + [(0,5786) * (-0,1)]$$

$$Y = 1 - 0,057$$

$$Y = C_p = 0,9421$$

Con índice de capacidad potencial del proceso de desmoldado y según la Tabla 4 el proceso se encuentra en categoría 3 al igual que el proceso anterior, lo que quiere decir que no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis, además de modificaciones serias para incrementar su calidad, por lo cual es necesario generar un proyecto de mejora

con el cual se pueda detectar y corregir las causas comunes más importantes que están generando el problema.

Enfundado y sellado

Considerado como el proceso crítico que presenta la menor cantidad de productos defectuosos, debido a que se le atribuye el 18,77% del total de los productos defectuosos encontrados en el periodo de observación (1 mes) según la Tabla 21 cabe recalcar que dentro de este proceso se producen 2 tipos de defectos y estudiados por medio de un diagrama de Pareto con los datos de la Tabla 25 se tiene como resultado la Figura 53.

Tabla 25 Datos Pareto: defectos en el proceso de enfundado y sellado

| Defectos | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|---|------------|------------|----------------------|
| Corte del helado o palillo de madera | 86 | 69% | 69% |
| Mal sellado | 39 | 31% | 100% |
| Total | 125 | 100% | |

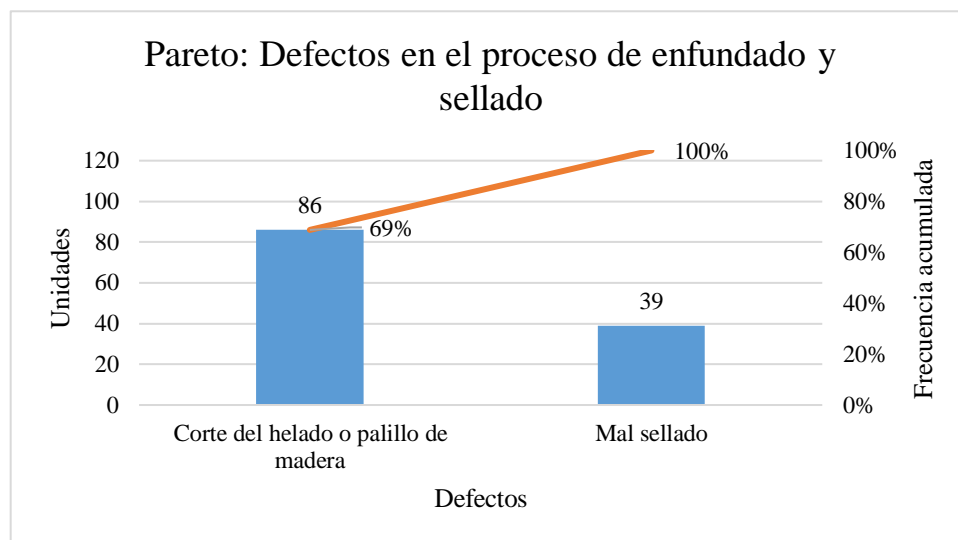


Figura 53 Pareto: defectos en el proceso de enfundado y sellado

Según el diagrama de Pareto de la Figura 53, el 69% de los productos defectuosos que aparecen en el proceso de enfundado y sellado durante el periodo de estudio, corresponden a corte del helado o palillo de madera, hay que tomar en cuenta que posee una gran

diferencia con respecto al mal sellado, sin embargo, este también representa una pequeña pérdida económica.

Para analizar la variabilidad del proceso se utiliza cartas de control para atributos p o np , debido a que se tiene aspectos cualitativos y siguen una distribución binomial, puesto que si un helado presenta cualquiera de los dos defectos mencionados anteriormente este no pasa al siguiente proceso, el grafico de control utilizado corresponde a la carta p (proporción de defectuosos) donde se monitorea la proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupos, la finalidad es la detección oportuna de causas especiales que puedan incrementar la proporción de helados defectuosos en el proceso de enfundado y sellado, para esto se cuenta con 18 muestras inspeccionadas como se muestra en la Tabla 26 y se calcula el valor de sus proporciones individuales.

Tabla 26 Datos para la carta p (enfundado y sellado)

| N° de muestra | Tamaño de la muestra (n_i) | Unidades defectuosas (d_i) | Proporción (p_i) $p_i = \frac{d_i}{n_i}$ |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 2200 | 8 | 0,003636 |
| 2 | 2200 | 1 | 0,000455 |
| 3 | 2200 | 4 | 0,001818 |
| 4 | 2200 | 5 | 0,002273 |
| 5 | 2200 | 6 | 0,002727 |
| 6 | 2200 | 9 | 0,004091 |
| 7 | 2200 | 7 | 0,003182 |
| 8 | 2200 | 5 | 0,002273 |
| 9 | 2200 | 5 | 0,002273 |
| 10 | 2200 | 10 | 0,004545 |
| 11 | 2200 | 5 | 0,002273 |
| 12 | 2200 | 6 | 0,002727 |
| 13 | 2200 | 14 | 0,006364 |
| 14 | 2200 | 6 | 0,002727 |
| 15 | 2200 | 12 | 0,005455 |
| 16 | 2200 | 4 | 0,001818 |
| 17 | 2200 | 8 | 0,003636 |
| 18 | 2200 | 10 | 0,004545 |
| Promedio | n = 2200 | | W = 0,003157 |

Una vez con estos datos se procede a calcular los límites de control los cuales están dados por la media y la desviación estándar de una proporción [23] para lo cual se conoce que:

$$\text{Media de una proporción} = \text{Promedio de } p_i = W$$

Para calcular el límite de control superior (LCS) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 6 sabiendo que:

$$\text{Desviación estándar de una proporción} = \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{W(1 - W)}{n}}$$

Entonces:

$$LCS = 0,003157 + 3 * \sqrt{\frac{0,003157(1 - 0,003157)}{2200}}$$

$$LCS = 0,006745$$

De igual manera para calcular el límite de control inferior (LCI) se aplica la fórmula que se detalla en la Ecuación 7.

$$LCI = 0,003157 - 3 * \sqrt{\frac{0,003157(1 - 0,003157)}{2200}}$$

$$LCS = -0,00043 = 0$$

Puesto que el límite de control inferior no puede ser negativo debido a que las proporciones siempre son mayores o iguales a cero, entonces se toma $LCI = 0$.

Una vez con los límites calculados estos se los ubica en la carta p Figura 54 tomando como límite central el valor promedio de las proporciones (W).

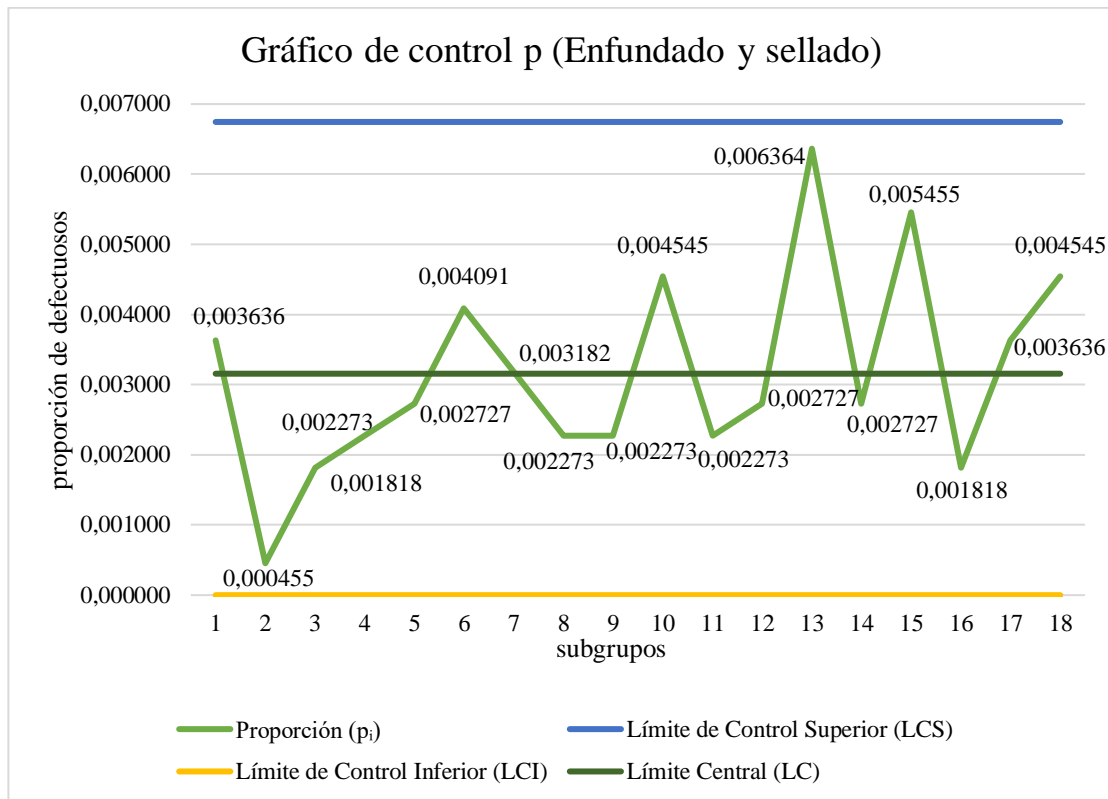


Figura 54 Gráfica de control p (Enfundado y sellado)

Una vez con la gráfica de control Figura 54 y sus límites, se puede observar que, de cada 2200 helados de sabores producidos, se espera que, la proporción de helados defectuosos varíe entre 0 y 0,006745 con un promedio de 0,003157; si a estos valores se los multiplicara por 100 se obtendría sus valores porcentuales, es decir que se espera que el porcentaje de unidades defectuosas varíe entre 0 y 0,6745%, con un promedio de 0,3157%. Se espera que, de cada parada de 2200 helados de sabores a ser enfundados y sellados, 7 de estos presenten cualquiera de los dos defectos ya mencionados.

Analizado el flujo de puntos, este no concuerda con ningún patrón de análisis en específico. Al no tener proporciones de defectos que coincidan en los límites superior e inferior o se encuentren fuera de estos, el proceso se considera centrado. Pero su desempeño no se encuentra totalmente satisfactorio, debido a que su porcentaje promedio de defectos es 0,3157% y de acuerdo al Anexo 7 para encontrar el valor exacto del

índice C_p es necesario interpolar este valor, para esto se utiliza la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el índice C_p a encontrar son:

$X =$ porcentaje promedio de defectos = 0,3157

$X_1 = 0,27$ $Y_1 = 1$

$X_2 = 0,6934$ $Y_2 = 0,9$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 1 + \left[\left(\frac{0,3157 - 0,27}{0,6934 - 0,27} \right) * (0,9 - 1) \right]$$

$$Y = 1 + [(0,108) * (-0,1)]$$

$$Y = 1 - 0,0108$$

$$Y = C_p = 0,989$$

Con índice de capacidad potencial del proceso de enfundado y sellado, y según la Tabla 4 a diferencia de los otros procesos este cuenta con un promedio de artículos defectuosos muy bajo, sin embargo el proceso se encuentra en categoría 3 al igual que los anteriores, lo que quiere decir que no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis, además de modificaciones serias para incrementar su calidad, por lo cual es necesario generar un proyecto de mejora con el cual se pueda detectar y corregir las causas comunes más importantes que están generando el problema.

Análisis del nivel de calidad Sigma

Dosificación manual

Puesto que los datos analizados siguen una distribución binomial es común aplicar la métrica partes por millón (PPM), se utiliza la formula detallada en la Ecuación 4 para esto se utilizan los datos de la Tabla 19.

$$PPM = \frac{337}{39600} * 1000000$$

$$PPM = 8510$$

Para encontrar el nivel de calidad sigma del proceso, se lo realiza por medio de la Tabla 5 donde se relaciona las partes por millón de artículos defectuosos con un nivel sigma. Ya que no existe un valor exacto es necesario interpolar el valor de PPM encontrado.

Los valores entre los que se encuentra el valor de sigmas Z_c a encontrar son:

$$X = \text{partes por millón} = 8510$$

$$X_1 = 2700 \quad Y_1 = 3$$

$$X_2 = 45500 \quad Y_2 = 2$$

Al aplicar la fórmula que se detalla en la Ecuación 2:

$$Y = 3 + \left[\left(\frac{8510 - 2700}{45500 - 2700} \right) * (2 - 3) \right]$$

$$Y = 3 + [(0,1357) * (-1)]$$

$$Y = 3 - 0,1357$$

$$Y = Z_c = 2,86$$

Debido a que se tiene un valor de 2,86 se considera un nivel sigma de 3 a primera vista un proceso Tres Sigma parece que tiene un nivel de calidad adecuado, sin embargo, no es suficiente para las exigencias del mercado actual y hacerle frente a su competencia a nivel regional.

Otro de las características a medir es el índice Yield que corresponde al desempeño del proceso, para esto resulta necesario relacionar el nivel Sigma encontrado con este Índice según la Tabla 6 para conocer el porcentaje exacto se debe interpolar utilizando la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el valor Yield a encontrar son:

$X = \text{Nivel Sigma} = 2,86$

$X_1 = 2,8 \quad Y_1 = 90,3$

$X_2 = 2,9 \quad Y_2 = 91,9$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 90,3 + \left[\left(\frac{2,86 - 2,8}{2,9 - 2,8} \right) * (91,9 - 90,3) \right]$$

$$Y = 90,3 + [(0,6) * (1,6)]$$

$$Y = 90,32 + 0,96$$

$$Y = \text{Yield} = 91,26$$

Calculado el valor de Yield se puede notar que, la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos es del 91,26%, convirtiéndose en un proceso con una probabilidad considerable de que un producto resulte defectuoso pero considerable dentro del estudio.

Desmoldado

Puesto que los datos analizados siguen una distribución binomial es común aplicar la métrica partes por millón (PPM), se utiliza la formula detallada en la Ecuación 4 para esto se utilizan los datos de la Tabla 19.

$$PPM = \frac{204}{39600} * 1000000$$

$$PPM = 5152$$

Esto quiere decir que, en 1 millón de helados de sabores a desmoldar, 5152 de estos tendrían una rotura parcial o total del palillo de madera. Para encontrar el nivel de calidad sigma del proceso, se lo realiza por medio de la Tabla 5 donde se relaciona las partes por millón de artículos defectuosos con un nivel sigma. Ya que no existe un valor exacto es necesario interpolar el valor de PPM encontrado.

Los valores entre los que se encuentra el valor de sigmas Z_c a encontrar son:

$X =$ partes por millón = 5152

$X_1 = 2700$ $Y_1 = 3$

$X_2 = 45500$ $Y_2 = 2$

Al aplicar la fórmula que se detalla en la Ecuación 2:

$$Y = 3 + \left[\left(\frac{5152 - 2700}{45500 - 2700} \right) * (2 - 3) \right]$$

$$Y = 3 + [(0,05729) * (-1)]$$

$$Y = 3 - 0,05729$$

$$Y = Z_c = 2,94$$

Debido a que se tiene un valor de 2,94 se considera un nivel sigma de 3, a primera vista al igual que el anterior proceso crítico, un proceso Tres Sigma parece que tiene un nivel de calidad adecuado, sin embargo, no es suficiente para las exigencias del mercado actual y hacerle frente a su competencia a nivel regional.

Otro de las características a medir es el índice Yield que corresponde al desempeño del proceso, para esto resulta necesario relacionar el nivel Sigma encontrado con este Índice según la Tabla 6 para conocer el porcentaje exacto se debe interpolar utilizando la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el valor Yield a encontrar son:

$X = \text{Nivel Sigma} = 2,94$

$X_1 = 2,9 \quad Y_1 = 91,9$

$X_2 = 3 \quad Y_2 = 93,3$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 91,9 + \left[\left(\frac{2,94 - 2,9}{3 - 2,9} \right) * (93,3 - 91,9) \right]$$

$$Y = 91,9 + [(0,4) * (1,4)]$$

$$Y = 91,9 + 0,56$$

$$Y = \text{Yield} = 92,46$$

Calculado el valor de Yield se puede notar que, la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos al pasar por el proceso de desmoldado, es del 92,46%, convirtiéndose en un proceso con una probabilidad considerable de que un producto resulte defectuoso y considerable dentro del estudio.

Enfundado y sellado

Puesto que los datos analizados siguen una distribución binomial es común aplicar la métrica partes por millón (PPM), se utiliza la formula detallada en la Ecuación 4 para esto se utilizan los datos de la Tabla 19.

$$PPM = \frac{125}{39600} * 1000000$$

$$PPM = 3157$$

Esto quiere decir que, en 1 millón de helados de sabores a ser enfundados y sellados, 3157 de estos podrían presentar un corte de la punta del helado o el palillo de madera y ser mal sellados. Para encontrar el nivel de calidad sigma del proceso, se lo realiza por medio de la Tabla 5 donde se relaciona las partes por millón de artículos defectuosos con un nivel sigma. Ya que no existe un valor exacto es necesario interpolar el valor de PPM encontrado.

Los valores entre los que se encuentra el valor de sigmas Z_c a encontrar son:

$$X = \text{partes por millón} = 3157$$

$$X_1 = 2700 \quad Y_1 = 3$$

$$X_2 = 45500 \quad Y_2 = 2$$

Al aplicar la fórmula que se detalla en la Ecuación 2:

$$Y = 3 + \left[\left(\frac{3157 - 2700}{45500 - 2700} \right) * (2 - 3) \right]$$

$$Y = 3 + [(0,0107) * (-1)]$$

$$Y = 3 - 0,0107$$

$$Y = Z_c = 2,989$$

Debido a que se tiene un valor de 2,989 se considera un nivel sigma de 3 al igual que los procesos ya analizados, a primera vista al igual que los procesos anteriores, un proceso Tres Sigma parece que tiene un nivel de calidad adecuado, sin embargo, no es suficiente para las exigencias del mercado actual y hacerle frente a su competencia a nivel regional.

Otro de las características a medir es el índice Yield que corresponde al desempeño del proceso, para esto resulta necesario relacionar el nivel Sigma encontrado con este Índice según la Tabla 6 para conocer el porcentaje exacto se debe interpolar utilizando la fórmula que se detalla en la Ecuación 2.

Los valores entre los que se encuentra el valor de sigmas Yield a encontrar son:

$X = \text{Nivel Sigma} = 2,989$

$X_1 = 2,9 \quad Y_1 = 91,9$

$X_2 = 3 \quad Y_2 = 93,3$

Al aplicar la fórmula:

$$Y = 91,9 + \left[\left(\frac{2,989 - 2,9}{3 - 2,9} \right) * (93,3 - 91,9) \right]$$

$$Y = 91,9 + [(0,89) * (1,4)]$$

$$Y = 91,9 + 1,25$$

$$Y = \text{Yield} = 93,15$$

Calculado el valor de Yield se puede notar que, la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos al pasar por el proceso de enfundado y sellado, es del 93,15%, convirtiéndose en el proceso más confiable de los ya analizados, puesto que en este hay menos probabilidad de que un helado de sabores sea rechazado.

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

Método de análisis de riesgo en el proceso de desmoldado

Para medir la calidad de medición con la que los obreros de “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.” verifican si un helado pasa o no pasa a otro proceso, se realiza un estudio R&R para atributos en el proceso de desmoldado, debido a la inconsistencia que existe en el criterio de aceptación de un trabajador con otro.

No se realiza el estudio en los demás procesos críticos, puesto que en estos es más seguro que los criterios de aceptación de un trabajador con otro concuerden, un ejemplo de esto es la rotura parcial o total del palillo de helado, donde todos los trabajadores concuerdan que el producto sea enviado a reproceso si presenta este defecto, así el problema es identificado inmediatamente por cualquier trabajador. Para esto se utiliza el método de análisis de riesgo con los datos de la Tabla 27.

La columna suma representa el número de juicios que aceptaron el helado, cada helado fue sometido a 10 juicios; así, 10 significa que todos los operadores aceptaron el helado en los dos ensayos realizados; 0 significa que todos los operarios rechazaron el helado las dos veces. Un valor diferente a este quiere decir que existen desacuerdos ya sean entre el mismo trabajador, o con sus compañeros.

Se determina el número de posibles desacuerdos diferentes por pieza, aplicando la fórmula que se detalla en la Ecuación 8.

$$a_p = \frac{k(k - 1)}{2} \quad (8)$$

Donde:

k = Número de evaluaciones a las que es sometida cada pieza.

Tabla 27 Datos recolectados para el estudio R&R

| 0 = Helado rechazado | | | | | | 1 = Helado aceptable | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------|------|------|------|----------------------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|
| Número de helado | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | | Suma | Repetibilidad | | | | |
| | Op 1 | Op 2 | Op 3 | Op 4 | Op 5 | Op 1 | Op 2 | Op 3 | Op 4 | Op 5 | | Op 1 | Op 2 | Op 3 | Op 4 | Op 5 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 12 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 14 | 4 | 17 | 2 | 5 | 11 | 7 | 10 | 12 | 6 | | 5 | 5 | 7 | 10 | 3 |

Entonces:

$$a_p = \frac{10(10 - 1)}{2}$$

$$a_p = 45$$

Si p es el número de piezas en el estudio, entonces el total de posibles desacuerdos es:

$$a_t = a_p * p$$

$$a_t = 45 * 30 = 1350$$

En total existen 1350 oportunidades para estar de acuerdo o en desacuerdo en las evaluaciones del estudio, ya sea entre un mismo trabajador o entre varios trabajadores.

Para el análisis del nivel de acuerdos, o análisis detallado de la columna *SUMA* de la Tabla 27 se debe tomar en cuenta, el número de piezas que fueron rechazadas o aceptadas por todos los trabajadores en los dos ensayos realizados (semana 1 y semana 2). Resultado de este análisis se tiene la Tabla 28 donde la primera columna representa el par de valores que pueden tomar la suma de *acuerdos* para cada helado, las sumas 0 o 10 por ejemplo quiere decir que todos los juicios aceptaron o rechazaron el producto inspeccionado. Los números 1 y 9 quiere decir que hubo 9 juicios en acuerdo (rechazo o aceptación), el número de pares en desacuerdo resulta de multiplicar el número de juicios en acuerdo con el número de juicios en desacuerdo.

Tabla 28 Análisis de desacuerdos

| Nivel de acuerdo (columna suma) | Número de pares en desacuerdo | Número de productos | Desacuerdos totales |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 0 o 10 | 0 | 10 | 0 |
| 1 o 9 | 9 | 5 | 45 |
| 2 u 8 | 16 | 4 | 64 |
| 3 o 7 | 21 | 4 | 84 |
| 4 o 6 | 24 | 4 | 96 |
| 5 | 25 | 3 | 75 |
| | Total | 30 | 364 |

Existen 10 helados (17, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30) en los cuales todos los trabajadores estuvieron en total acuerdo (todos rechazan o todos aceptan), en 5 helados existieron 9 juicios en acuerdo de los 10 y así sucesivamente con los demás productos como se muestra en la Tabla 28 de lo cual se puede decir que únicamente en 10 productos inspeccionados, los trabajadores pueden darse cuenta que cumplen o no con los requerimientos para ser considerados como producto final, mientras que, en los 20 productos restantes, los trabajadores no concuerdan al momento de calificarlos.

Como se muestra en la Tabla 28 el número de desacuerdos totales resulta de multiplicar el número de pares en desacuerdo por el número de productos en cada nivel, al sumar todos estos valores se obtiene el número total de desacuerdos en el estudio, $D_e = 364$

Para calcular el **nivel de desacuerdos del estudio** (ND_e), se aplica la formula detallada en la Ecuación 9.

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} * 100 \quad (9)$$

$$ND_e = \frac{364}{1350} * 100 = 27\%$$

Este valor indica el nivel de desacuerdo en el estudio, el valor resulta parcialmente aceptable pero no el más óptimo y con oportunidades de mejora, con esto tenemos una idea de la inconsistencia del sistema de medición por atributos, sin embargo se realiza un diagnóstico más detallado, debido a que el sistema de medición es el criterio de cada trabajador, se calcula los desacuerdos por repetibilidad a partir de la consistencia entre los ensayos de un mismo operador, en este caso que tan de acuerdo están entre una semana y otra, respecto al mismo helado inspeccionado.

Para esto se utiliza la columna de repetibilidad de la Tabla 27 y se analiza a cada trabajador individualmente y de forma general. Para calcular el nivel de desacuerdos por repetibilidad se aplica la formula detallada en la Ecuación 10.

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} * 100 \quad (10)$$

Donde:

D_{rep} = Número de desacuerdos.

O_{rep} = Oportunidades para que exista desacuerdos por repetibilidad

Tabla 29 Resultados de repetibilidad

| Operador | Desacuerdos (D_{rep}) | Oportunidades (D_{rep}) | Porcentaje |
|----------|------------------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 5 | 30 | 17% |
| 2 | 5 | 30 | 17% |
| 3 | 7 | 30 | 23% |
| 4 | 10 | 30 | 33% |
| 5 | 3 | 30 | 10% |
| Total | 30 | 150 | 20% |

En la Tabla 29 se puede notar que el número total de desacuerdos es 30 y al dividirlo entre el total de oportunidades 150, por medio de la formula detallada en la Ecuación 10 se obtiene que:

$$ND_{rep\ Total} = \frac{D_{rep\ Total}}{O_{rep\ Total}} * 100 = \frac{30}{150} * 100$$

$$ND_{rep} = 20\%$$

Con esto obtenemos una medida de consistencia de cada operador, puesto que los valores de ND_{rep} van de 0 a 100, y entre más alto sea este, peor es la repetibilidad de los operadores, con un valor del 20% calculado este es considerable dentro del estudio para implementar mejoras que permitan disminuir este porcentaje.

Además, se puede notar que los operarios 3 y 4 presentan un mayor porcentaje respecto los otros, el criterio del trabajador 5 en cambio se convierte en el mejor para rechazar o aceptar un helado en diferentes ocasiones.

Otro valor a calcular es la **reproducibilidad (diferencia sistemática entre operadores)** utilizando los valores de la Tabla 27 lo cual demuestra el porcentaje del criterio de aceptación de cada trabajador, que tan exigente o relajado es esté.

Debido a que los mismos helados son evaluados por dos ocasiones, el número total de evaluaciones vendría a ser el doble del número de helados utilizados para el análisis, esto se describe con mayor detalle en la Tabla 30.

Tabla 30 Resultados de reproducibilidad

| Operador | Número de piezas aceptadas | | Total aceptadas | Total evaluadas | Porcentaje de aceptación |
|--------------|----------------------------|----------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | Semana 1 | Semana 2 | | | |
| 1 | 14 | 11 | 25 | 60 | 42% |
| 2 | 4 | 7 | 11 | 60 | 18% |
| 3 | 17 | 10 | 27 | 60 | 45% |
| 4 | 2 | 12 | 14 | 60 | 23% |
| 5 | 5 | 6 | 11 | 60 | 18% |
| Total | | | 88 | 300 | 29% |

Una vez con la tabla se puede observar que el operador 2 y 5 poseen un criterio más exigente debido a que su porcentaje de aceptación es del 18%, relativamente bajo con respecto a los demás, mientras que los operarios 1 y 3 tienen criterios más relajados del 42% y del 45% respectivamente, esto demuestra que los operarios no evalúan el estado del producto de la misma forma, dando lugar a discrepancias entre sus criterios de enviar o no un producto a reproceso. Por ello se encuentra una oportunidad de mejora respecto a las especificaciones que debe tener un helado para ser aceptado luego del proceso de *desmoldado*.

Para realizar un análisis más minucioso de la consistencia de criterio entre los operadores se calcula la **reproducibilidad (interacción parcial de operador)** por medio del número de desacuerdos por reproducibilidad; siguiendo la Figura 55 como guía, se comparan los criterios de los dos trabajadores en las dos semanas, tomando los datos de la Tabla 27 en total existen 4 oportunidades para que los trabajadores estén en desacuerdo con respecto al helado inspeccionado.

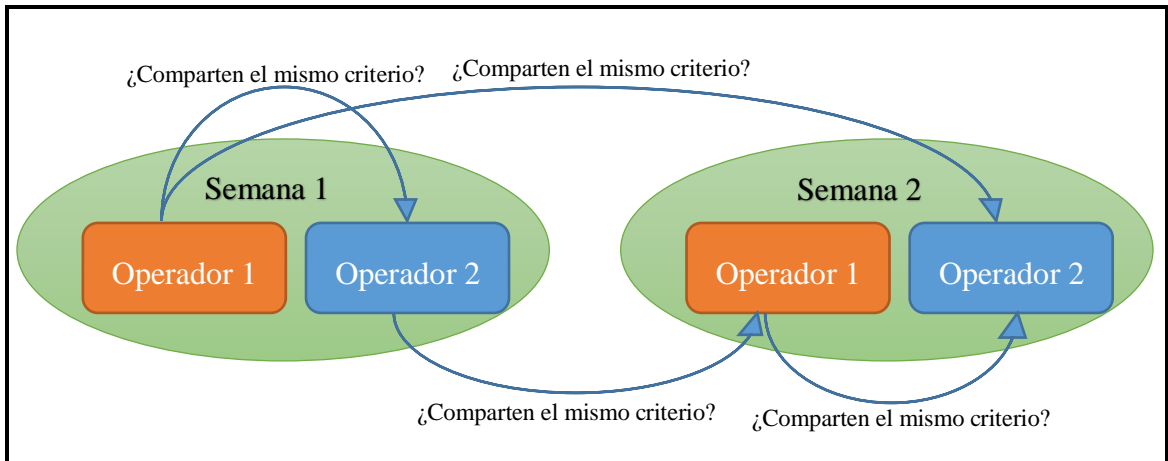


Figura 55 Guía para encontrar el número de desacuerdos entre operadores

A partir de la suma total de desacuerdos por pareja de trabajadores como se muestra en la Tabla 31 con un total de 10 parejas, se puede analizar su número y porcentaje entre todas las parejas del estudio Tabla 32.

Para representarlos a estos como porcentajes se divide el número de desacuerdos encontrados entre cada pareja para el número total que pueden tener, este último se lo obtiene de la multiplicación del número de piezas, por dos y por el número de ensayos ($30 \cdot 2 \cdot 2 = 120$), de acuerdo a la Tabla 32, entre el operador 1 y 2 existen más desacuerdos (42) lo que representa un 35%, 1 de cada 3 veces juzgaron diferente, esto se debe a que el operario 2 es más estricto que el operario 1 según la Tabla 30 A diferencia de los operadores 2 y 5 entre los cuales existe un menor número de desacuerdos (22) lo que representa un 18% , tomando en cuenta que son los operadores más estrictos al calificar un helado Tabla 30.

Tabla 31 Desacuerdos por parejas de trabajadores

| Desacuerdos por parejas de trabajadores | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| 1 y 2 | 1 y 3 | 1 y 4 | 1 y 5 | 2 y 3 | 2 y 4 | 2 y 5 | 3 Y 4 | 3 Y 5 | 4 Y 5 | |
| 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | |
| 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | |
| 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | |
| 4 | 0 | 2 | 4 | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 | 2 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | |
| 4 | 2 | 0 | 4 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 2 | 0 | 4 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | |
| 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | |
| 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| 4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 42 | 26 | 38 | 34 | 38 | 32 | 22 | 38 | 34 | 30 |

Tabla 32 Porcentaje y número de desacuerdos entre parejas de operadores

| Operador | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| 1 | 42 (35%) | 26 (22%) | 38 (32%) | 34 (28%) |
| 2 | | 38 (32%) | 32 (27%) | 22 (18%) |
| 3 | | | 38 (32%) | 34 (28%) |
| 4 | | | | 30 (25%) |
| Total desacuerdos | | | | |
| | | | 334 (28%) | |

Para un nivel total de desacuerdos debidos a reproducibilidad ND_{repro} , se suman todos los desacuerdos entre operadores encontrados D_{repro} y se divide para el número total de oportunidades de desacuerdo debido a reproducibilidad O_{repro} , el mismo que es igual al (número de piezas) \times (el número de parejas de operadores) \times (número de ensayos) \times 2.

En este caso $O_{repro} = 30 * 10 * 2 * 2 = 1200$. Por lo tanto:

$$ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} * 100 = \frac{334}{1200} * 100 = 28\%$$

Este dato provee una evaluación del sistema de medición debido a la reproducibilidad, el porcentaje 28% es un valor relativamente alto; en resumen, en la Tabla 33 se presentan los datos más relevantes del estudio R&R para el proceso de desmoldado, donde existe cierta incongruencia entre los operarios y su opinión acerca de los halados que pasan a la etapa de enfundado y sellado, y los que son enviados a reproceso. De esto se concluye que la mayor problemática se encuentra en la **reproducibilidad 28% (concordancia entre los criterios de los trabajadores)** y de donde el operario 5 puede considerarse el estándar. Por consiguiente, existe oportunidades de mejora, ya que, si este trabajador es capaz de detectar adecuadamente los problemas de calidad, los demás también podrán lograrlo con el entrenamiento debido.

Además, se deberá enfatizar en los operarios 3 y 4 para que su criterio de aceptación sea más estricto y más consistente al evaluar el producto de mayor demanda, así también instruir a los operarios 1 y 2 para que logren un criterio más cercano al estándar.

Tabla 33. Reporte de estudio R&R discreto

| Fuente | Porcentaje de desacuerdos | |
|--|--|----------------------|
| Repetibilidad (Tabla 29) | $ND_{rep} = \frac{30}{150} * 100 = 20\%$ | |
| Reproducibilidad (Tabla 32) | $ND_{repro} = \frac{334}{1200} * 100 = 28\%$ | |
| Total- Nivel de desacuerdo del estudio | $ND_e = \frac{364}{1350} * 100 = 27\%$ | |
| Operador | Repetibilidad (%) | Piezas aceptadas (%) |
| 1 | 17 | 42 |
| 2 | 17 | 18 |
| 3 | 23 | 45 |
| 4 | 33 | 23 |
| 5 | 10 | 18 |
| Promedio | 20 | 29 |

Fase ANALIZAR

Análisis de modo y efecto de las fallas(AMEF)

Para identificar de mejor manera las fallas potenciales que se dan en los procesos productivos para la elaboración de helados en “Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.”, así también como para caracterizarlas y evaluar su riesgo, se aplica un AMEF con las causas potenciales de falla más significativas, siguiendo los pasos ya establecidos en la Figura 21, además de contar con los criterios de calificación para la severidad (Anexo 4), ocurrencia (Anexo 5) y detección (Anexo 6); de esta manera se presenta la Matriz AMEF en la Tabla 34.

Tabla 34 Análisis de modo y efecto de fallas del proceso de producción del helado de sabores

| Nombre del proceso o Producto: | Elaboración del Helado de Sabores | | | | Elaborado por: Carlos Rivera | Pagina_01_de_02_ | AMEF N° 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------|---------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|--|-----------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|---|-----------|------------|-----------|-----|---------------------|---|--|----------------------|---------------------------------------|---|--|---|-----|--|--|--|--|--|--|
| Responsable: | | | | Fecha Clave: | Fecha AMEF(original): 05/08/2019 | | Rev. : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etapa/función del proceso/ requerimientos | Modo potencial de falla | Efecto(s) potenciales de falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) potenciales de falla | Subcausas | Proceso Actual | | | Acciones recomendadas | Responsabilidad y fecha compromiso | Resultados de Acciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Ocurrencia | Controles de detección | Detección | | | NPR | Acciones tomadas, y fecha de finalización | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dosificación Manual | Inadecuada Dosificación manual | Mezcla de sabores | 4 | | Mano de Obra | Experiencia | 7 | Inspección visual en el proceso de desmoldado. | 8 | 224 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Medio Ambiente | Ruido en el área de trabajo | 4 | | 5 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Maquinaria y Equipos | Tipo inadecuado de jarro dosificador | 6 | | 5 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Métodos | Dosificación manual | 7 | | 8 | 224 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Mermelada en bordes y puntas del helado | 3 | | Mano de Obra | Exceso de presión en el dosificador | 7 | Inspección visual en el proceso de desmoldado. | 8 | 168 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Experiencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Medio Ambiente | Ruido en el área de trabajo | 5 | | 6 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Maquinaria y Equipos | Medida incorrecta de mermelada | 5 | | 5 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Métodos | | | | | Dosificación manual | 7 | | 8 | 168 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Helados incompletos | 4 | | Mano de Obra | Experiencia | 7 | Inspección visual en el proceso de desmoldado. | 7 | 196 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Medio Ambiente | Ruido y vapores en el área de trabajo | 3 | | 5 | 60 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Maquinaria y Equipos | Jarro dosificador incorrecto | 6 | | 8 | 192 | | | | | | |
| Métodos | Dosificación manual | 7 | 7 | 196 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Nombre del proceso o Producto: | Elaboración del Helado de Sabores | | | | Elaborado por: Carlos Rivera | Pagina_02_de_02_ | | | | AMEF N° 01 | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|-----------|---------------|---|--|--|--|--|-----------------------|------------------------------------|------------------------|---|-----------|------------|-----------|-----|--|--|--|--|
| Responsable: | | | | Fecha Clave: | Fecha AMEF(original): 05/08/2019 Rev. : | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etapa/función del proceso/ requerimientos | Modo potencial de falla | Efecto(s) potenciales de falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) potenciales de falla | Subcausas | Proceso Actual | | | Acciones recomendadas | Responsabilidad y fecha compromiso | Resultados de Acciones | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Ocurrencia | Controles de detección | Detección | | | NPR | Acciones tomadas, y fecha de finalización | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR | | | | |
| Desmoldado | Mal estado del palillo de madera | Rotura parcial o total del palillo de madera | 7 | | Mano de Obra | Inspección previa insuficiente | 7 | Inspección visual en el proceso de desmoldado. | 7 | 343 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Incorrecta manipulación | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Materia Prima | Palillos en mal estado | 3 | | 7 | 147 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Medio Ambiente | Ruido en el área de trabajo | 6 | | 7 | 294 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Maquinaria y Equipos | Incomodidad de la mesa de trabajo | 4 | | 6 | 168 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Métodos | Trabajo manual | 7 | | 7 | 343 | | | | | | | | | | | |
| Medición | Temperatura del agua | 3 | 6 | 126 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Enfundado y Sellado | Sellado inadecuado del helado | Corte del helado o del palillo de madera | 7 | | Mano de Obra | Experiencia en el manejo de la maquina | 2 | Inspección visual y tacto al finalizar el proceso de enfundado y sellado | 7 | 98 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Ubicación incorrecta del helado | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Materia Prima | Empaques en mal estado | 3 | | 7 | 147 | | | | | | | | | | | |
| | Maquinaria y Equipos | Mantenimiento de la maquina(FLOPAK) | 6 | 7 | 294 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mal sellado | | | 7 | | Mano de Obra | Experiencia en el manejo de la maquina | 3 | Inspección visual y tacto al finalizar el proceso de enfundado y sellado | 7 | 147 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Materia Prima | Empaques en mal estado | 2 | | 6 | 84 | | | | | | | | | | |
| Maquinaria y Equipos | | | | | | Mantenimiento de la Maquina (FLOPAK) | 3 | 7 | | 147 | | | | | | | | | | | |

Tabla 35 Semáforo de nivel de riesgo

| Nivel de riesgo | Color |
|-----------------------------------|-------|
| Alto riesgo de falla (500 -1000) | |
| Riesgo de falla medio (125 - 499) | |
| Riesgo de falla bajo (1 - 124) | |
| No existe riesgo de falla (0) | |

Tabla 36 Resumen AMEF del proceso de producción de helados de sabores

| Efecto(s) potenciales de falla | Causa(s) potenciales de falla | NPR |
|--|-------------------------------|-----|
| Mezcla de sabores | Mano de Obra | 224 |
| | Medio Ambiente | 80 |
| | Maquinaria y Equipos | 120 |
| | Métodos | 224 |
| Mermelada en bordes y puntas del helado | Mano de Obra | 168 |
| | Medio Ambiente | 90 |
| | Maquinaria y Equipos | 75 |
| | Métodos | 168 |
| Helados incompletos y manchados | Mano de Obra | 196 |
| | Medio Ambiente | 60 |
| | Maquinaria y Equipos | 192 |
| | Métodos | 196 |
| Rotura parcial o total del palillo de madera | Mano de Obra | 343 |
| | Materia Prima | 147 |
| | Medio Ambiente | 294 |
| | Maquinaria y Equipos | 168 |
| | Métodos | 343 |
| | Medición | 126 |
| Corte del helado o del palillo de madera | Mano de Obra | 98 |
| | Materia Prima | 147 |
| | Maquinaria y Equipos | 294 |
| Mal sellado | Mano de Obra | 147 |
| | Materia Prima | 84 |
| | Maquinaria y Equipos | 147 |

Tabla 37 Porcentajes de nivel de riesgo

| Nivel de Riesgo | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Alto riesgo de falla (500 -1000) | 0 | 0% |
| Riesgo de falla medio (125 - 499) | 17 | 70,83% |
| Riesgo de falla bajo (1 - 124) | 7 | 29,17% |
| No existe riesgo de falla (0) | 0 | 0% |
| Total | 24 | 100% |

De acuerdo a los valores obtenidos en la Tabla 36 se puede conocer el Número de Prioridad de Riesgo de cada causa potencia de falla, mientras más alto sea este, el riesgo de que se materialice también lo será, estos datos resumidos en la Tabla 37, demuestran que el 70,83 % de las causas totales, presentan un riesgo de falla medio, la mayoría de estas causas corresponden al efecto rotura parcial o total del palillo de madera, mientras que el 29,17 % presenta un riesgo de falla bajo. Cabe recalcar que no existen causas que presenten tanto un riesgo de falla nulo o alto, con estos datos resulta necesario implementar acciones con las que se pueda reducir la Severidad (S), Ocurrencia(O) y/o Detección(D) de las causas y en el mejor escenario la eliminación de las mismas, no obstante, después de implementar medidas correctivas se debe aplicar un nuevo AMEF para evaluar los resultados obtenidos.

Identificación de las X potenciales

En esta etapa es necesario identificar las X potenciales que están influyendo en los problemas que se presentan con el helado de sabores, para esto hay que analizar uno por uno los tipos de defectos por los cuales se le considera a un helado que debe ser reprocesado.

- **Rotura total o parcial del palillo de madera**

Para identificar de mejor manera las causas que provocan la rotura parcial o total del palillo de madera se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de desmoldado donde ocurre el problema.

Tabla 38 5 porqué de rotura total o parcial del palillo de madera

| | Defecto | Razones |
|---------------------|--|--|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por qué se produce la rotura parcial o total del palillo de madera? | Porque al sacar los helados del molde estos presentan dificultad o los palillos se encuentran en mal estado. |
| ¿Por qué? 2. | ¿Por qué presentan dificultad? | Porque el helado se encuentra adherido a las paredes del molde? |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué se encuentra adherido a las paredes del molde? | Porque el trabajador no ha sumergido el molde lo suficiente en agua caliente |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué no ha sumergido el molde lo suficiente en agua caliente? | Porque el trabajador tiene prisa por desmoldar |
| ¿Por qué? 5. | ¿Por qué el trabajador tiene prisa por desmoldar? | Porque si pasa el tiempo establecido los sabores pueden mezclarse |

Una vez con las posibles causas, estas se las relaciona con el diagrama causa-efecto de la Figura 42 para determinar la causa o, causas raíz que pueden ocasionar que el palillo de madera se encuentre en mal estado y se tome este producto como defectuoso.

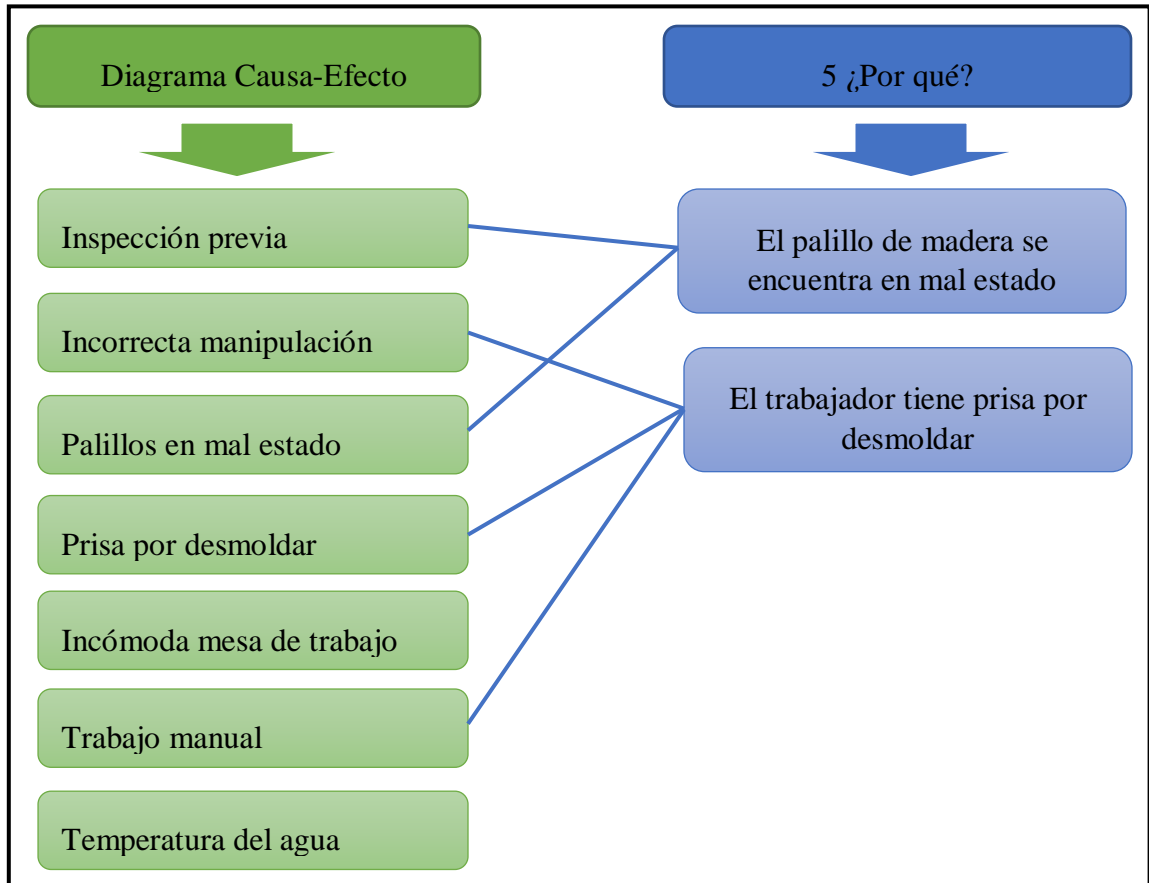


Figura 56 Relación diagrama causa-efecto y 5 por qué (rotura total o parcial del palillo de madera)

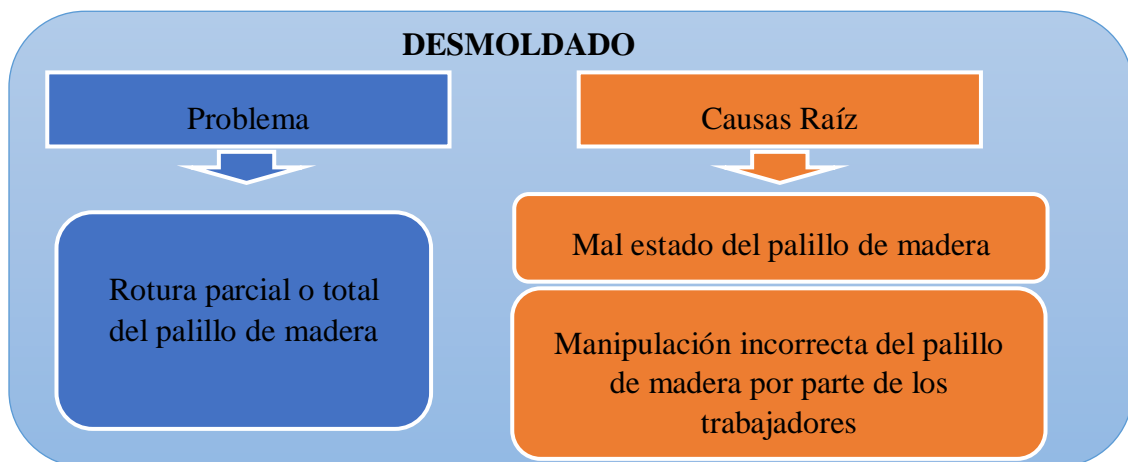


Figura 57 Causas raíz (rotura total o parcial del palillo de madera.)

Mezcla de sabores

Para identificar de mejor manera las causas que provocan que los sabores del helado se mezclen entre sí, se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de dosificación manual.

Tabla 39 5 porqué de mezcla de sabores

| | Defecto | Razones |
|---------------------|---|--|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por qué se mezclan los sabores de los helados? | Porque los primeros sabores no se encuentran congelados totalmente |
| ¿Por qué? 2. | ¿Por qué los primeros sabores no se encuentran congelados totalmente? | Porque no ha pasado el tiempo necesario para su congelación |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué no ha pasado en tiempo necesario para su congelación? | Porque los trabajadores no se han percatado del tiempo necesario para dosificar los siguientes sabores |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué los trabajadores no se han percatado del tiempo necesario para dosificar los siguientes sabores? | Porque los trabajadores no cuentan con la experiencia suficiente para saberlo |
| ¿Por qué? 5. | ¿Por qué los trabajadores no cuentan con la experiencia suficiente? | Porque no cuentan con un tiempo estandarizado totalmente |

Una vez con las posibles causas, estas se las relaciona con el diagrama causa-efecto de la Figura 43 para determinar la causa o las causas raíz que pueden ocasionar que los sabores del helado en especial el de la mora con la vainilla se mezclen, dañando la imagen del helado y convirtiéndolo en un motivo para ser reprocesado.

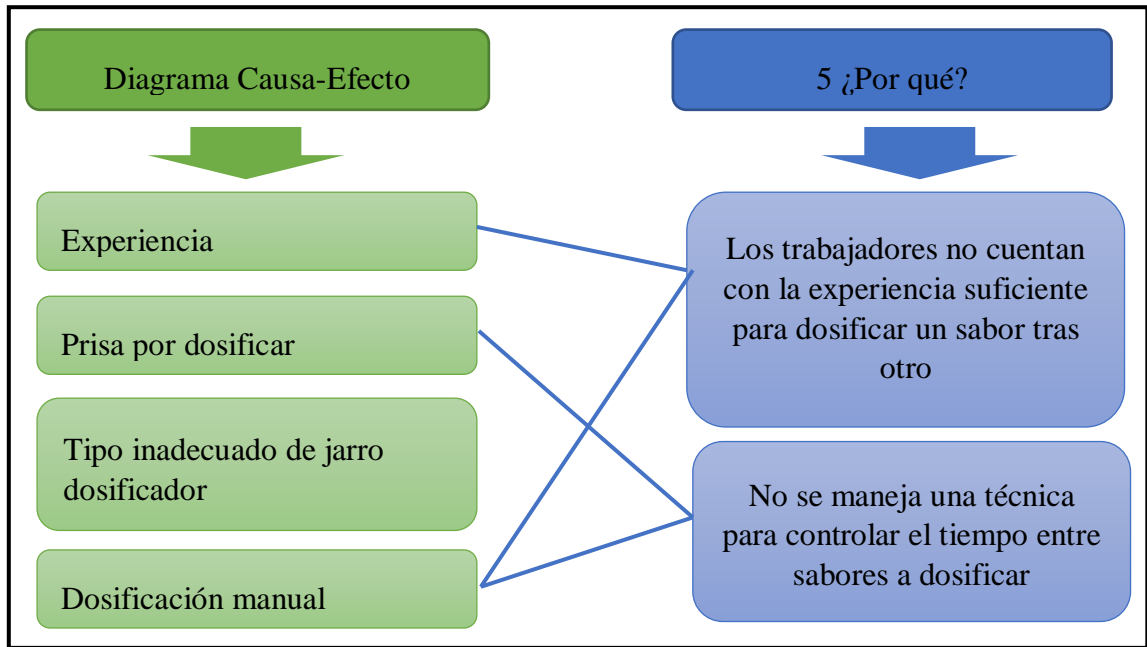


Figura 58 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (mezcla de sabores)

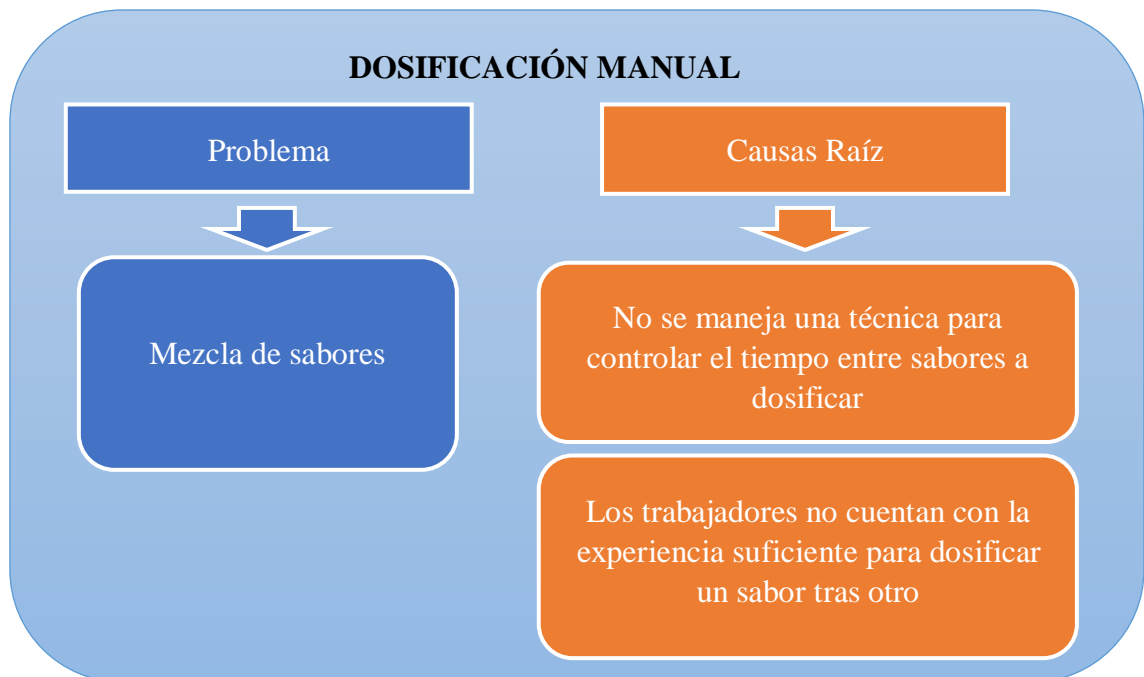


Figura 59 Causas raíz (mezcla de sabores)

Mermelada en los bordes y puntas

Para identificar de mejor manera las causas que provocan que la mermelada salga por los bordes y puntas del helado, se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de dosificación manual donde ocurre el problema.

Tabla 40 5 porqué de mermelada en los bordes y puntas

| | Defecto | Razones |
|---------------------|--|--|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por qué la mermelada del helado sale por los bordes y puntas del mismo? | Porque existe un exceso de presión en el dosificador |
| ¿Por qué? 2. | ¿Por qué existe un exceso de presión en el dosificador? | Porque el trabajador presiona demasiado el dosificador de plástico |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué el trabajador presiona demasiado el dosificador de plástico? | Porque no cuenta con la experiencia suficiente |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué no cuenta con la experiencia suficiente? | Porque no cuenta con el instrumento adecuado o calibrado |
| ¿Por qué? 5. | ¿Por qué no cuenta con el instrumento adecuado o calibrado? | Porque el trabajo es artesanal y no cuenta con una técnica adecuada. |

Una vez con las posibles causas, estas se las relaciona con el diagrama causa-efecto de la Figura 44 para determinar la causa o las causas raíz que pueden ocasionar que la mermelada del helado salga por los bordes y puntas ocasionando que este sea llevado a reproceso.

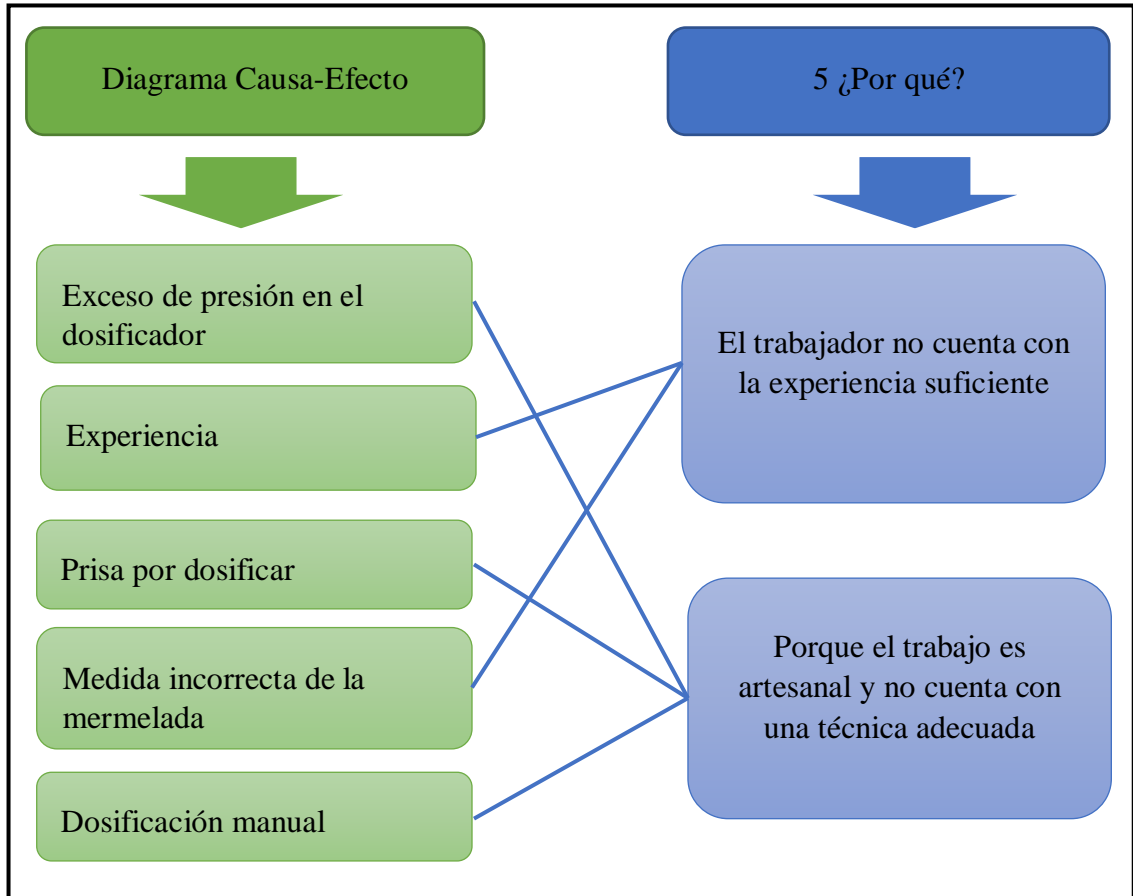


Figura 60 Relación diagrama causa-efecto y 5 por qué (mermelada en los bordes y puntas)

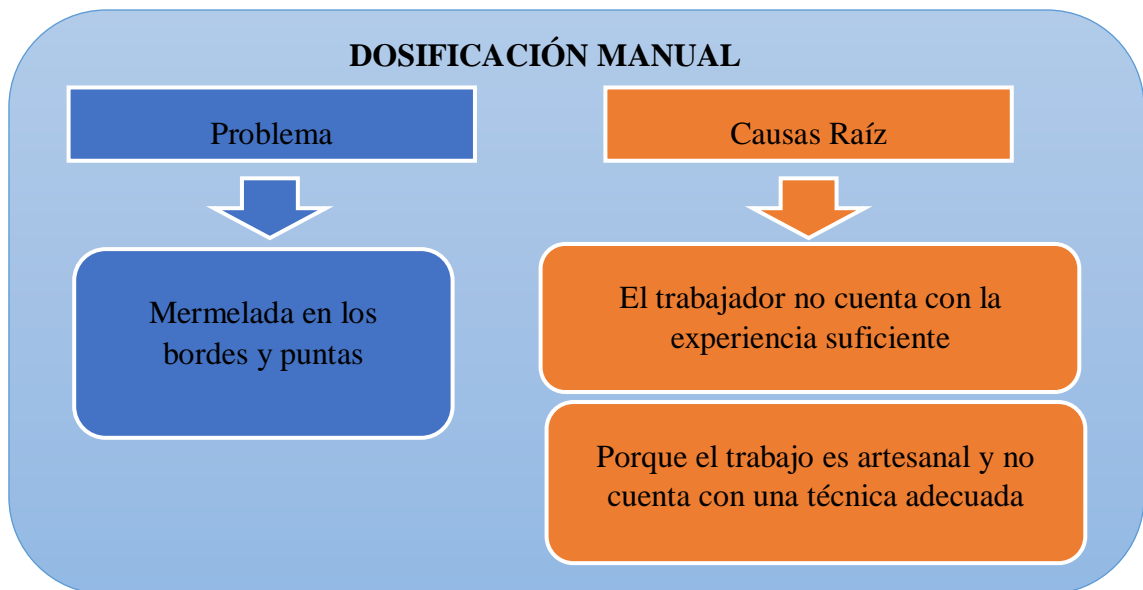


Figura 61 Causas raíz (mermelada en los bordes y puntas)

Helados incompletos

Para identificar de mejor manera las causas que provocan que los helados salgan incompletos, es decir le falte uno de sus 4 sabores, se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de dosificación manual.

Tabla 41 5 porqué de helados incompletos

| | Defecto | Razones |
|---------------------|---|---|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por qué existen helados incompletos ? | Porque no cuentan con uno de los 4 sabores que debe tener |
| ¿Por qué? 2. | ¿Por qué no cuentan con uno de los 4 sabores que debe tener? | Porque los trabajadores no los dosifican completamente |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué los trabajadores no los dosifican completamente? | Porque el helado se contamina con cloruro de calcio |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué el helado se contamina con cloruro de calcio? | Porque existen moldes rotos por donde filtra la solución de cloruro de calcio |
| ¿Por qué? 5. | ¿Porque existen moldes rotos por donde filtra la solución de cloruro de calcio? | Porque no se los ha inspeccionado totalmente |
| ¿Por qué? 6. | ¿Por qué no se los ha inspeccionado totalmente? | Porque el trabajador tiene prisa por dosificar |

Una vez con las posibles causas, estas se las relaciona con el Diagrama Causa-Efecto de la Figura 45 para determinar la causa o las causas raíz que pueden ocasionar que los helados presenten un sabor menos, dañando la imagen del helado y convirtiéndolo en un motivo para ser reprocesado.

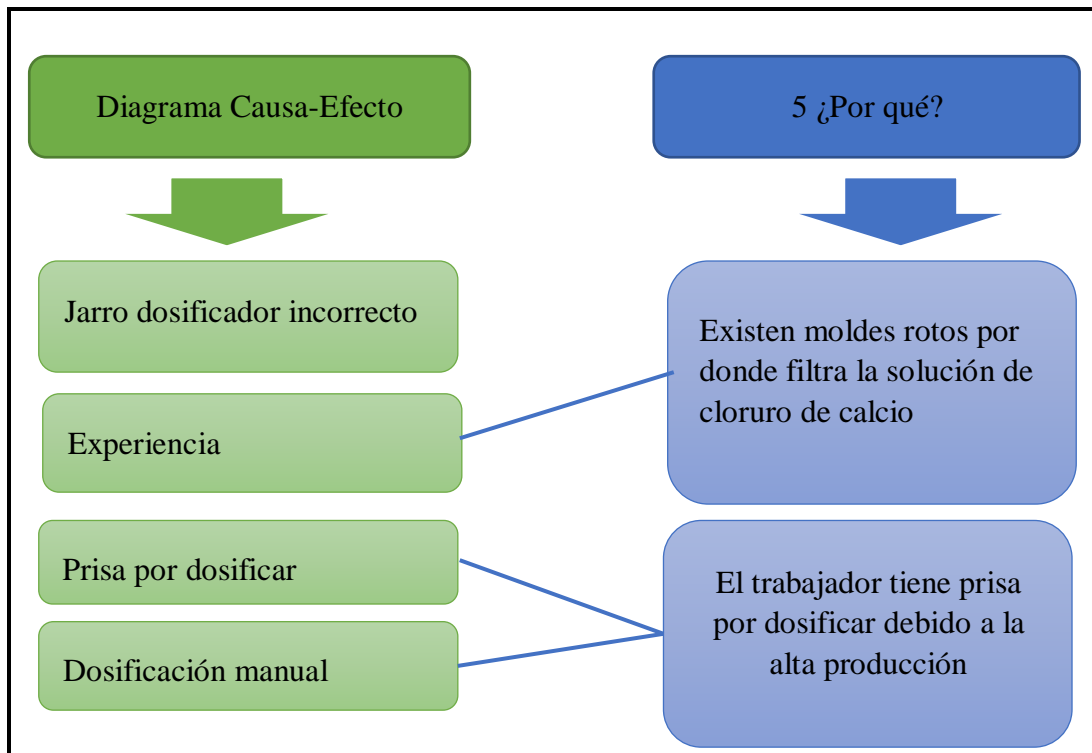


Figura 62 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (helados incompletos)

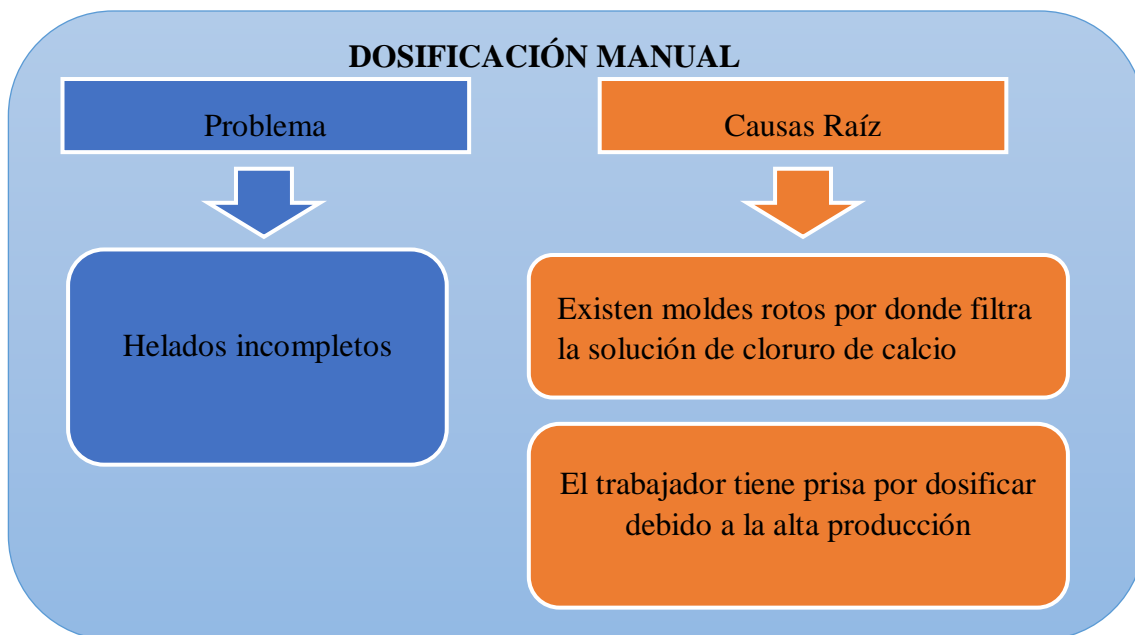


Figura 63 Causas raíz (helados incompletos)

Corte del helado o del palillo de madera

Para identificar de mejor manera las causas que provocan que los helados tengan un corte en la punta del mismo o del palillo, se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de enfundado y sellado.

Tabla 42 5 porqué de corte del helado o del palillo de madera

| | Defecto | Razones |
|---------------------|--|---|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por los helados presentan cortes en su punta o en el palillo de madera? | Porque al pasar por la maquina enfundadora y selladora esta los corta |
| ¿Por qué? 2. | ¿Por qué al pasar por la maquina enfundadora y selladora el helado es cortado? | Porque la maquina se encuentra des calibrada |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué la maquina se encuentra des calibrada? | Porque no cuenta con un mantenimiento preventivo |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué no cuenta con un mantenimiento preventivo? | Porque solo recibe un mantenimiento correctivo |

Una vez con las posibles causas, estas se las relaciona con el Diagrama Causa-Efecto de la Figura 46 para determinar la causa o las causas raíz que pueden ocasionar que los helados tengan un corte en su punta o en el palillo de madera.

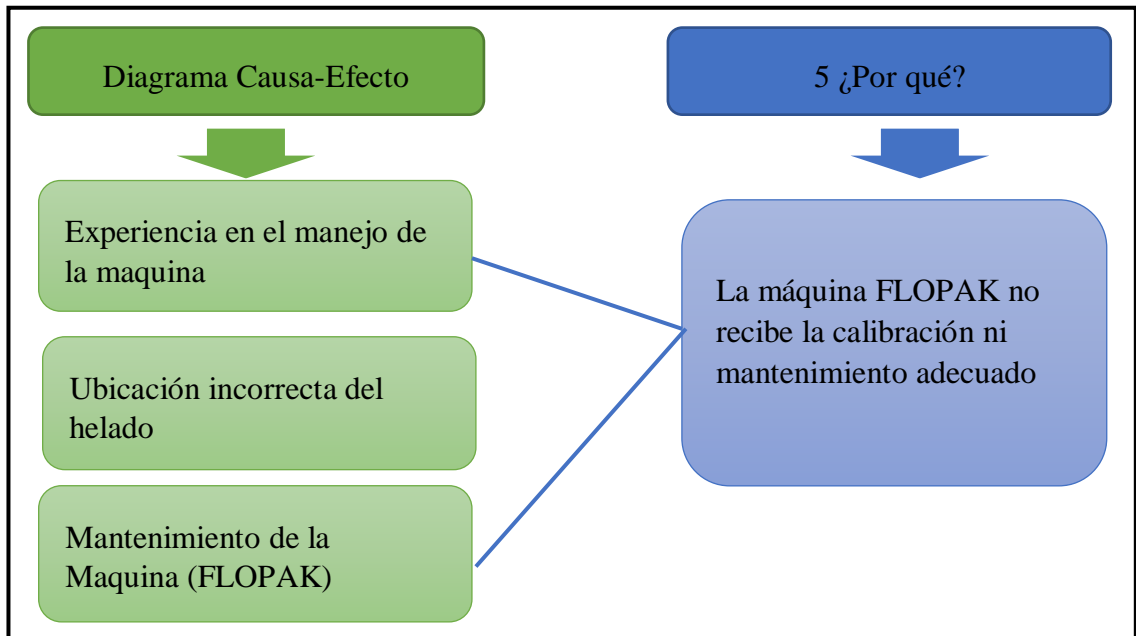


Figura 64 Relación diagrama causa-efecto y 5 porque (corte del helado o del palillo de madera)

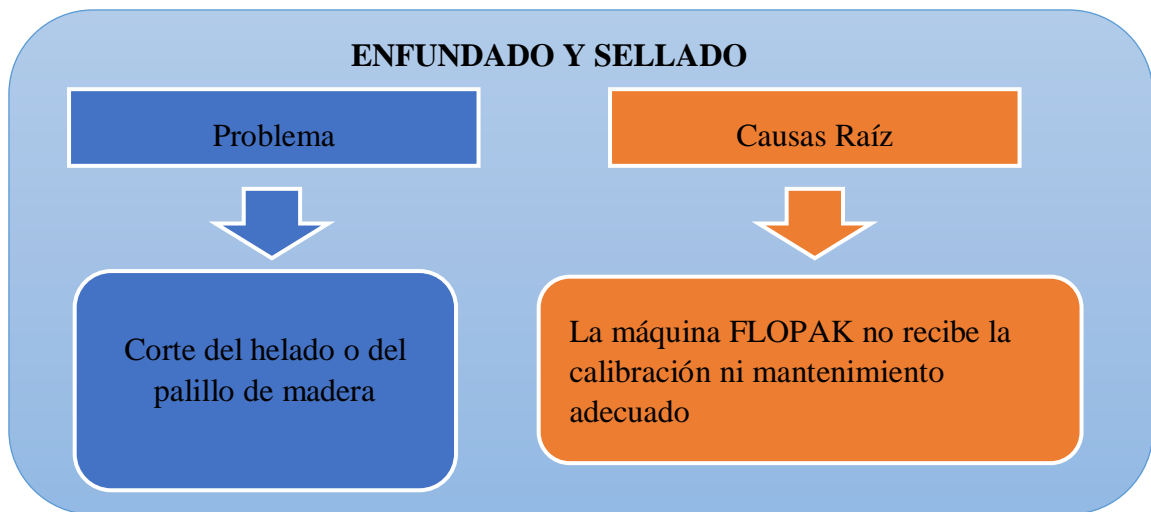


Figura 65 Causas raíz (corte del helado o del palillo de madera)

Mal sellado

Para identificar de mejor manera las causas que provocan que los empaques de los helados no puedan sellarse correctamente con el helado dentro, se aplica la herramienta de los 5 por qué, para esto es necesario ir al Gemba (lugar donde suceden las cosas) además de trabajar en conjunto con las personas involucradas en el proceso, en este caso al área de enfundado y sellado.

Tabla 43 5 porqué del mal sellado

| | Defecto | Razones |
|---------------------|---|--|
| ¿Por qué? 1. | ¿Por los empaques de los helados no se pueden sellar correctamente? | Porque al pasar por la maquina enfundadora y selladora esta no los sella correctamente |
| ¿Por qué? 2. | ¿Porque al pasar por la maquina enfundadora y selladora esta no los sella correctamente los empaque con el helado dentro? | Porque la maquina se encuentra des calibrada |
| ¿Por qué? 3. | ¿Por qué la maquina se encuentra des calibrada? | Porque no cuenta con un mantenimiento preventivo |
| ¿Por qué? 4. | ¿Por qué no cuenta con un mantenimiento preventivo? | Porque solo recibe mantenimiento correctivo |

Una vez con las posibles causas, estas se las relacionan con el Diagrama Causa-Efecto de la Figura 47 para determinar la causa o las causas raíz que pueden ocasionar que los empaques que contienen al helado dentro no se puedan sellar correctamente, dejando al helado en contacto con el ambiente, convirtiéndolo en un motivo para ser reprocesado.

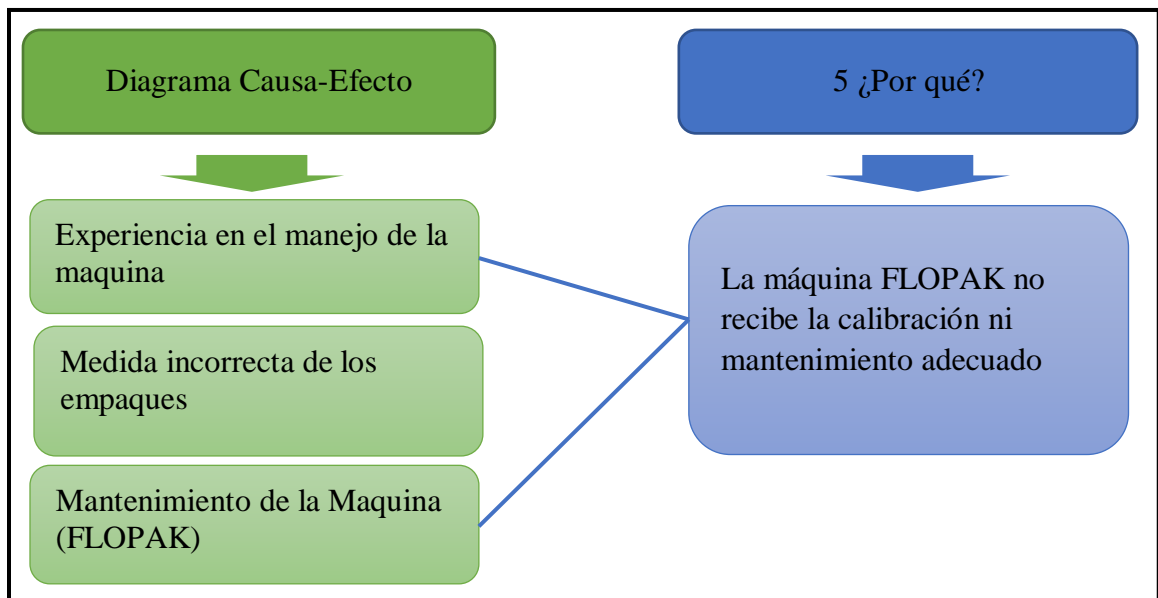


Figura 66 Relación diagrama causa-efecto y 5 porqué (mal sellado)

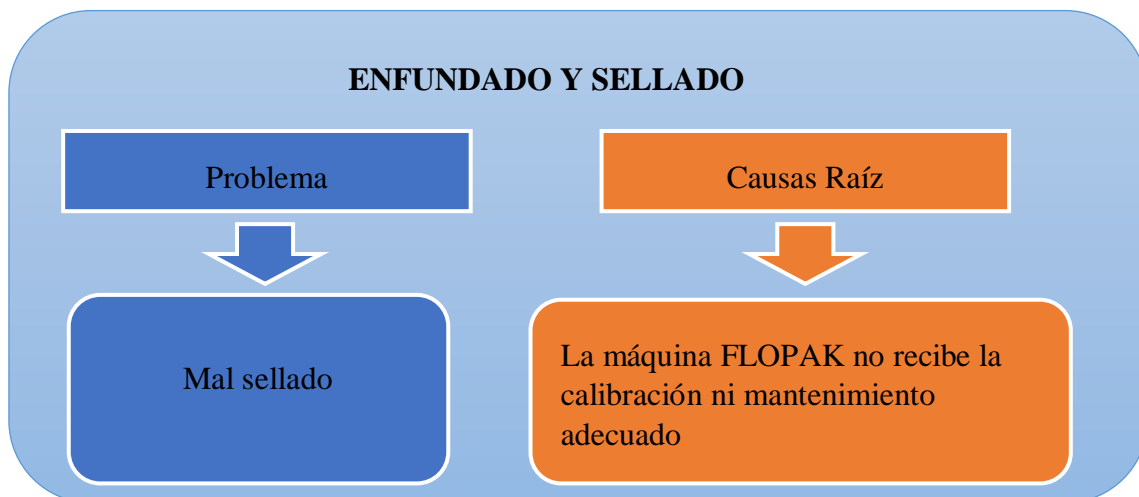


Figura 67 Causas raíz (mal sellado)

Se puede notar que en ciertos problemas existen más de una causa raíz, las mismas que aportan con variabilidad a los procesos productivos y gracias a las cartas de control realizadas en la etapa anterior (Medir) se tiene la certeza que estas causas son de tipo común, es decir que se presentan día a día de forma natural por parte de las 6 M, sin embargo, a largo plazo representan la mayor oportunidad de mejora. En la Tabla 44 se presenta un resumen de este tipo de causas comunes, los problemas que traen y en los procesos que se encuentran presentes.

Tabla 44 Causas raíz de los efectos potenciales de falla

| Proceso Crítico | Problema | Causas Comunes |
|---------------------|----------------------------------|---|
| Dosificación manual | Mezcla de sabores | No se maneja una técnica para controlar el tiempo entre sabores a dosificar |
| | | Los trabajadores no cuentan con la experiencia suficiente para dosificar un sabor tras otro |
| | Mermelada en los bordes y puntas | El trabajador no cuenta con la experiencia suficiente |
| | | Porque el trabajo es artesanal y no cuenta con una técnica adecuada |
| | Helados incompletos | Existen moldes rotos por donde filtra la solución de cloruro de calcio |
| | | El trabajador tiene prisa por dosificar debido a la alta producción |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| Desmoldado | Rotura parcial o total del palillo de madera | Mal estado del palillo de madera |
| | | Manipulación incorrecta del palillo de madera por parte de los trabajadores |
| Enfundado y sellado | Corte del helado o del palillo de madera | La máquina FLOPAK no recibe la calibración ni mantenimiento adecuado |
| | Mal sellado | |

Tabla 45 Problemas especiales

| Problemas especiales | | |
|--|--|--|
| Proceso Crítico | Problema | Causas Comunes |
| Desmoldado | Helados en buen estado enviados a reproceso y/o helados defectuosos enviados como producto final | Alto porcentaje de reproducibilidad 28% (concordancia entre los criterios de los trabajadores) |
| Dosificación Manual-Desmoldado-Enfundado y Sellado | Reducido control de calidad en los procesos y el producto final | Ausencia de un supervisor de calidad |

Un problema en particular se da en el proceso de desmoldado donde la calidad de aceptación de un producto no es la adecuada, de acuerdo a la Tabla 33 el porcentaje de Reproducibilidad del estudio es del 28% considerado un valor relativamente alto, pero con oportunidades de mejora, esto para que haya más concordancia entre los criterios de un operador a otro.

La falta de un supervisor de calidad como persona a cargo del monitoreo en los procesos productivos y el producto final periódicamente y como trabajo principal, trae como

resultado que la mayoría de actividades de control recaigan sobre el jefe de producción y no se las pueda realizar al 100% y a profundidad.

Impacto de la variabilidad en los procesos críticos

Variación en la cantidad de producto terminado

Uno de los impactos que tiene la variabilidad de los procesos críticos, es la cantidad producto terminado, debido a los defectos presentes en los helados de sabores; estos no pueden ser comercializados y al contrario son almacenados para ser reprocesados, esto repercute en la cantidad de helados total que puede comercializar la empresa y una considerable pérdida en lo que respecta a gastos por mano de obra y gastos varios.

En un breve análisis se puede conocer cómo afecta económicamente esto a la empresa, por medio de la entrevista al departamento de contabilidad de la misma, lo primero que se debe conocer es el costo de producción del helado estudiado y su porcentaje de utilidad Tabla 46.

Tabla 46 Costos de pérdida por helados defectuosos

| Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. | |
|--|---------------------------|
| Producto | Helado de Sabores (135 g) |
| Costo de producción | |
| Mano de obra | 0,02 ctvs./unidad |
| Materia prima | 0,1395 ctvs./unidad |
| Gastos de venta y Administración | 10 ctvs./ unidad |
| Gastos varios | 12,34 ctvs./ unidad |
| Costo total de producción | 22,5 ctvs./ unidad |

| Margen de ganancia y pérdida | |
|---|--------------------|
| Precio de venta al público | 45 ctvs./ unidad |
| Costo de producción | 22,5 ctvs./unidad |
| Utilidad | 22,5 ctvs./ unidad |
| Valor de pérdida por cada helado defectuoso | 12,36 ctvs./unidad |

Con el margen de ganancia que deja la venta de un helado de sabores, y el valor de pérdida que deja uno defectuoso se puede calcular el valor total al mes que la empresa está perdiendo al no comercializar los productos que resultan defectuosos, mismo valor que puede percibir como ganancia si estos helados cuentan con los estándares de calidad que exige los clientes internos y externos; en la Tabla 47 se muestra el valor mencionado y el que genera cada proceso crítico.

Tabla 47 Pérdidas en cada proceso crítico en 1 mes de producción

| Proceso Crítico | Porcentaje promedio de helados defectuosos | Helados promedio producidos en 1 mes(unidades) | Helados Defectuosos (unidades) | Pérdidas por helados defectuosos (\$) |
|---------------------|--|--|--------------------------------|---------------------------------------|
| Dosificación manual | 0,85% | 137898 | 1172 | 144,85 |
| Desmoldado | 0,515% | 137898 | 710 | 87,75 |
| Enfundado y sellado | 0,3157% | 137898 | 435 | 53,76 |
| Total | | | 2317 | 286,38 |

En la Tabla 47 se puede apreciar el porcentaje promedio de helados defectuosos en cada proceso crítico, así también como el número promedio producidos en un mes por Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A., al multiplicar estos valores y después por el costo de pérdida por cada helado defectuoso se obtiene las pérdidas que posee la empresa, sin tener en cuenta la pérdida de materia prima debido a que esta es reprocesada; perdiendo en su mayor parte en dosificación manual con

144,85\$ y con un total de 286,38\$, este valor se convierte representativo en la parte económica y la productividad de la empresa.

Variación en el costo de producción del helado de mora

Debido a que los helados de sabores defectuosos son utilizados como materia prima para la elaboración de helados de mora, no existe una pérdida total, pero si una diferencia al momento de trabajar con materia prima virgen, en la Figura 68 y Figura 69 se muestran los costos de producción de un helado de mora elaborado a partir de material nuevo y material reprocesado.

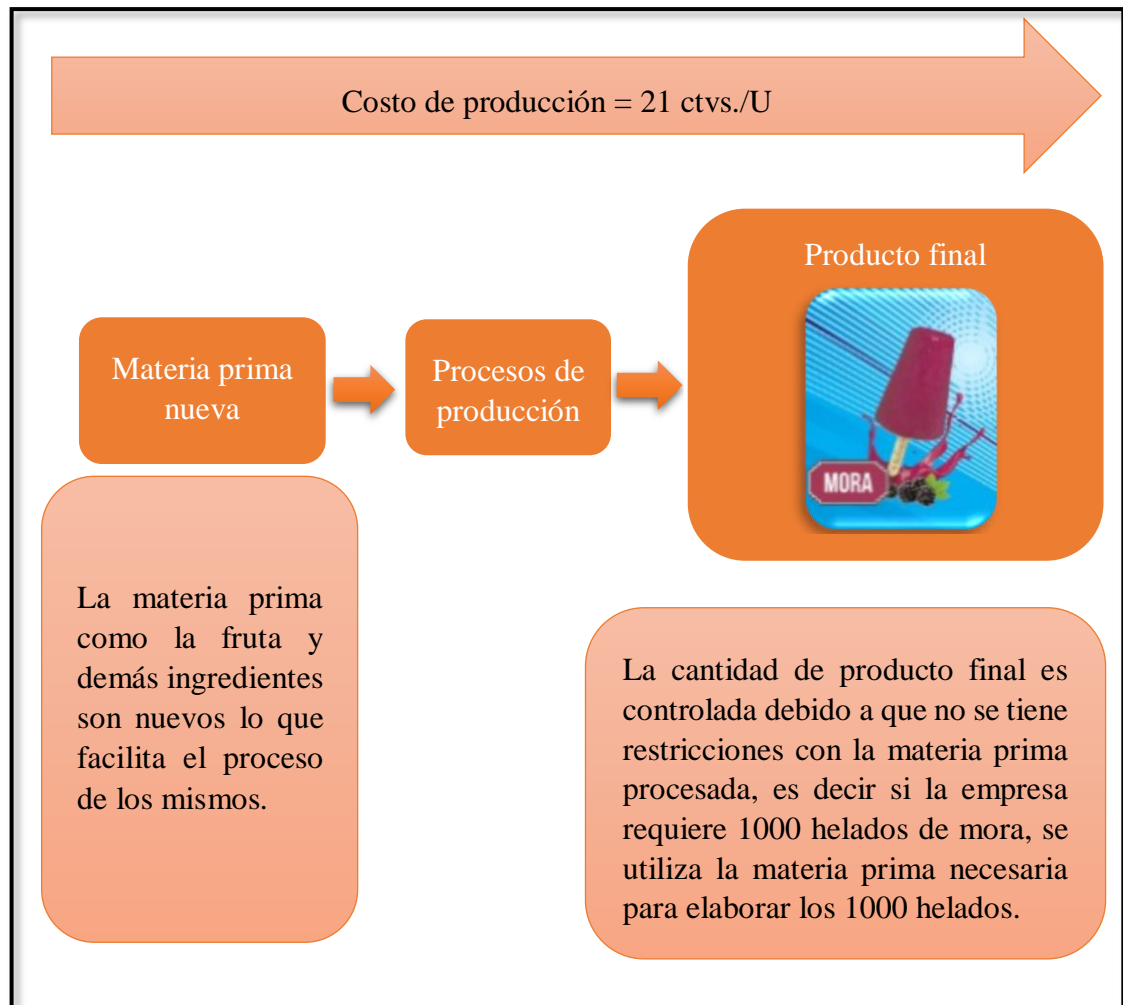


Figura 68 Costo de producción de un helado de mora con materia prima nueva

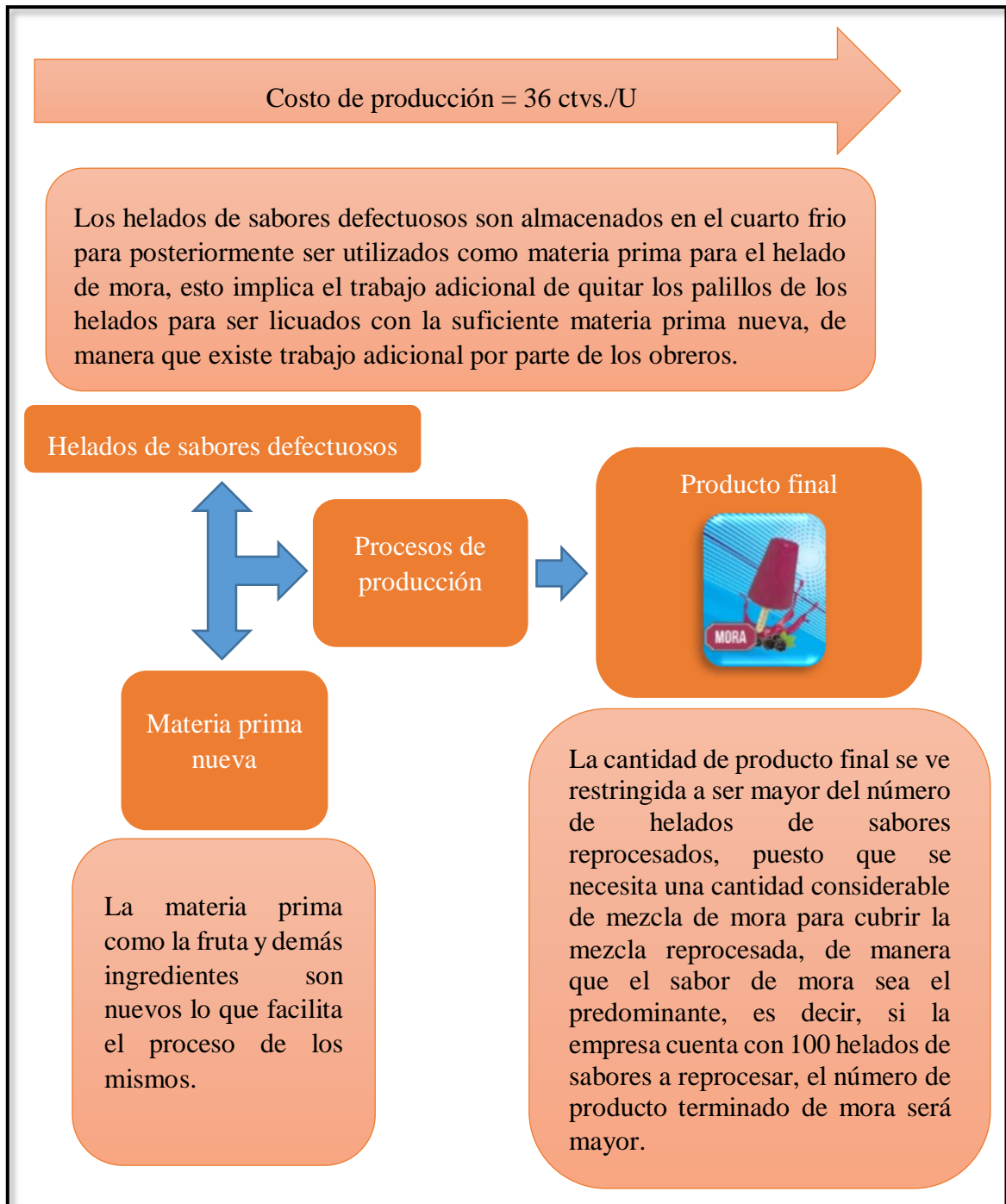


Figura 69 Costo de producción de un helado de mora con materia prima reprocesada

Los costos de producción reflejan la diferencia que existe entre utilizar materia prima nueva y reprocesada. Al momento de utilizar materia prima reprocesada, el número mínimo de helados sabor a mora resultante, debe ser el número de helados de sabores

defectuosos de cada proceso crítico, en base a esto la Tabla 48 muestra el porcentaje promedio de pérdidas que genera reprocesar los helados defectuosos cada mes.

Tabla 48 Pérdidas generadas por reprocesos de helados defectuosos en 1 mes de producción

| Costo de producción de un helado de mora con materia prima reprocesada | | 36 ctvs./U | | |
|--|--|---|--------------------------------|--------------------------|
| Costo de producción de un helado de mora con materia prima nueva | | 21 ctvs./U | | |
| Costo de reprocesar un helado de sabores | | 15 ctvs./U | | |
| | | | | |
| Proceso crítico | Porcentaje promedio de helados defectuosos | Helados promedio producidos en 1 mes (unidades) | Helados defectuosos (unidades) | Costos de reproceso (\$) |
| Dosificación manual | 0,85% | 137898 | 1172 | 175,80 |
| Desmoldado | 0,515% | 137898 | 710 | 106,05 |
| Enfundado y sellado | 0,3157% | 137898 | 435 | 65,25 |
| Total | | | 2317 | 347,55 |

En la Tabla 48 se puede notar que existe un valor promedio de pérdidas por costo de reproceso, Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. pierde cada mes un total de 347,55\$ debido a la existencia de helados defectuosos en cada uno de sus procesos críticos y lo que implica su reproceso, perdiendo en su mayor parte en dosificación manual con 175,80\$, seguido el Desmoldado con 106,05\$ y también representativo el proceso de Enfundado y Sellado con 65,25\$, estos valores en conjunto se convierten representativos en la parte económica y la productividad de la empresa.

Fase de MEJORA (propuesta)

Identificar las áreas de mejora

Para identificar las áreas de mejora se utiliza la información obtenida en las fases anteriores, en la fase Definir se encontraron que existen diferentes tipos de defectos en los helados de sabores que no permite su distribución, estos ocurren en 3 de los procesos de producción los cuales se consideran críticos; el proceso de Desmoldado presenta 204 productos defectuosos, Dosificación manual con 337 y Enfundado y Sellado con 125, todo esto en el periodo de observación (1 mes) según la Tabla 19.

En la fase Medir se puede conocer de mejor manera los problemas presentes en la elaboración de helados de sabores, siendo estos; mezcla de sabores, mermelada en los bordes y puntas del helado, helados incompletos, rotura parcial o total del palillo de madera, corte del helado o del palillo de madera, mal sellado y sus causas además de conocer el estado de los procesos críticos en los que se encuentran, sin embargo, en la fase Analizar se identifican las X potenciales o también llamadas causas raíz de estos problemas Tabla 44 y su impacto en la parte económica, calidad del producto de mayor demanda y la productividad de la empresa.

Otro de las falencias se produce al momento inspeccionar el producto final en el proceso de desmoldado, existe un problema de concordancia entre los criterios de los operadores, donde el total de desacuerdos debidos a reproducibilidad es de 334(28%) un valor representativo, el cual demuestra que los criterios de aceptación de un operador entre otro no son los mismos; trayendo como consecuencia helados defectuosos y considerados en buen estado o viceversa.

Soluciones para las causas raíz y su matriz de prioridades

Uno de los pasos fundamentales en esta etapa es proponer soluciones para disminuir el impacto de las causas raíz encontradas e identificadas en las fases anteriores en cada una de las áreas definidas, para esto es necesario contar con la participación activa del jefe de

producción (Ingeniera en alimentos) de Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. y el personal que labora en estas áreas.

Por medio de una lluvia de ideas se exponen las posibles soluciones para cada uno de los problemas que presenta la empresa, en la Tabla 49 y Tabla 50 se exponen las ideas.

Tabla 49 Soluciones para las causas raíz de los efectos potenciales de falla

| Problemas presentes en el producto | Causas comunes | Acciones a tomar | Código |
|---|---|---|---------------|
| Mezcla de sabores | No se maneja una técnica para controlar el tiempo entre sabores a dosificar | Estandarización de tiempos de congelación entre los diferentes sabores y capacitación acerca de los mismos al trabajador. | P1C1S1 |
| | Los trabajadores no cuentan con la experiencia suficiente para dosificar un sabor tras otro | Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo. | P1C2S1 |
| Mermelada en los bordes y puntas | El trabajador no usa de manera correcta el dosificador de mermelada. | Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo. | P2C1S1 |
| | Porque el trabajo es artesanal y no cuenta con una técnica adecuada | Estandarización del proceso de Dosificación Manual | P2C2S1 |
| Helados incompletos | Existen moldes rotos por donde filtra la solución de cloruro de calcio | Inspección continua del estado de los moldes y reposición inmediata de los averiados. | P3C1S1 |
| | El trabajador tiene prisa por dosificar debido a la alta producción | Aplicación de técnicas a prueba de errores (poka-yoke) | P3C2S1 |

| | | | |
|---|---|--|---------------|
| Rotura parcial o total del palillo de madera | Mal estado del palillo de madera | Aplicación de planes de muestreo más estrictos e inspección previa a la colocación en el proceso de dosificación manual. | P4C1S1 |
| | Manipulación incorrecta del palillo de madera por parte de los trabajadores | Capacitación y aplicación de técnicas apropiadas para desmoldar los helados de sabores. | P4C2S1 |
| Corte del helado o del palillo de madera | La máquina FLOPAK no recibe la calibración ni mantenimiento | Mantenimiento preventivo a la maquina FLOPAK. | P5- P6C1S1 |
| Mal sellado | adecuado | | |

Tabla 50 Soluciones a problemas especiales

| Problemas referentes al producto | Causas Comunes | Acciones a tomar | Código |
|--|--|---|---------------|
| Helados en buen estado enviados a reproceso y/o helados defectuosos enviados como producto final | Alto porcentaje de reproducibilidad 28% (concordancia entre los criterios de los trabajadores) | Estandarización de los aspectos a tomar en cuenta para que un helado de sabores sea considerado defectuosos o en buen estado. | P6C1S1 |
| Reducido control de calidad en los proceso y el producto final | Ausencia de un supervisor de calidad | Incorporación de un supervisor de calidad. | P7C1S1 |

Definidas las soluciones para las causas raíz de los problemas con los que debe tratar a diario la empresa, se las ha ubicado en una matriz Esfuerzo vs Impacto para agruparlas y tener una noción de la prioridad que tienen cada una tras su implementación futura.

Utilizando el criterio de las personas involucradas en esta etapa, se ubican las diferentes soluciones con su respectivo código en la matriz de la Figura 70.

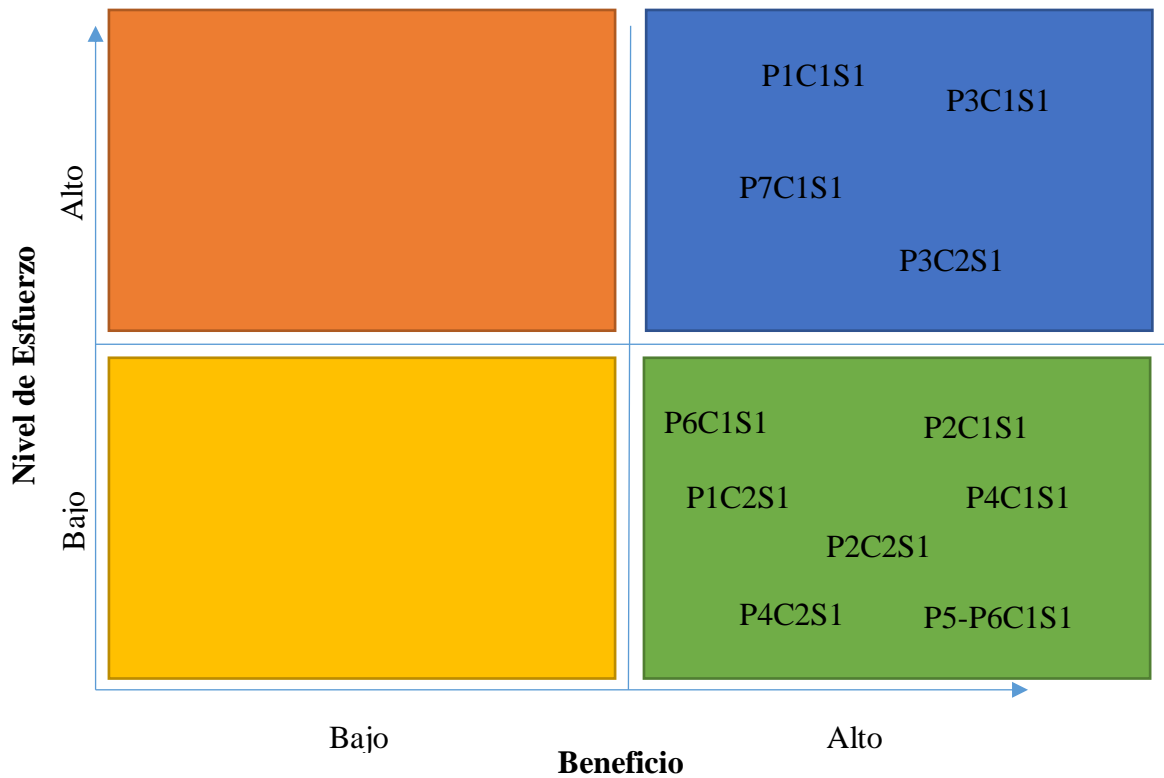


Figura 70 Matriz de prioridades para las propuestas establecidas

Tabla 51 Sugerencias para cada cuadrante de la matriz de prioridades

| | |
|--------------------|---------------------------------------|
| Posible | Beneficio Bajo / Esfuerzo Bajo |
| Implementar | Beneficio Alto / Esfuerzo Bajo |
| Reto | Beneficio Alto / Esfuerzo Alto |
| Descartado | Beneficio Bajo / Esfuerzo Alto |

Se puede identificar que la mayoría de acciones propuestas requieren de un esfuerzo bajo para obtener beneficios altos, esto se traduce en disminuir la cantidad de productos defectuosos, así también existen propuestas las cuales pueden ser un reto al momento de implementarlas, entre ellas la estandarización de los procesos y tiempos, adquisición de

moldes en buenas condiciones, y aplicación de técnicas poka-yoke para evitar errores por parte de los trabajadores.

Plan de acción (5w 2h)

Con el plan de acción se establece las actividades, cuando se aplicarán, quienes estarán a cargo de implementarlas, entre otras cosas que forman parte de las respuestas a las preguntas de la herramienta 5W2H.

En conjunto con las personas involucradas en el proyecto Six Sigma, se establecen los parámetros mencionados teniendo en cuenta el impacto que tendrán en la calidad del producto de mayor demanda.

Tabla 52 Plan de acción (5W 2H)

| | | | | | |
|---|--|----------------|---|---------------------------------------|-----------------------|
| Causa Especial: | Ausencia de una política de calidad | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Elaboración de una política de calidad para la empresa. | Establecer, implementar y mantener una política de calidad con base a la norma ISO 9001 más actualizada, que permita cubrir los requisitos de los clientes internos y externos, prevenir pérdidas, y mejorar el desempeño de la empresa. | Global | <ul style="list-style-type: none"> Supervisor de calidad Jefe de producción | 100,00\$ (se lo realiza una sola vez) | 06/01/2019-31/01/2019 |

| | | | | | |
|---|--|----------------------|--|--|-----------------------|
| Causa Raíz: | No se maneja una técnica para controlar el tiempo entre sabores a dosificar. | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Estandarización de tiempos de congelación entre los diferentes sabores. | Estudio del tiempo estándar de congelación de cada sabor de helado para conocer su tiempo estándar por medio de pruebas de congelación y control por medio de un reloj digital para la dosificación siguiente. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de producción | 200,00\$ (costo del estudio, se lo realiza una sola vez) | 06/01/2019-31/01/2019 |

| | | | | | |
|--|--|----------------------|--|---|-----------------------|
| Causa Raíz: | El trabajo de dosificar la mermelada es artesanal y no cuenta con una técnica adecuada. | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Estandarización del proceso de dosificación manual | Identificar las falencias al momento de dosificar la mermelada y realizar los respectivos cambios al proceso o la herramienta de trabajo, se estandarizan tiempos de congelación, así como los | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de producción | 200,00\$ (costo del estudio, se lo realiza una sola vez) 200,00\$ (costo de capacitación grupal, | 06/01/2019-31/01/2019 |

| | | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------------|--|
| | pasos a seguir, de manera que se evite que la mermelada se esparza por los bordes del helado. | | | se lo realiza una sola vez) | |
|--|---|--|--|-----------------------------|--|

| Causa Raíz: Los trabajadores no cuentan con la experiencia suficiente para dosificar un sabor tras otro. | | | | | |
|--|---|----------------------|---|---|----------------------------|
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo. | Capacitar a los trabajadores nuevos acerca de la forma correcta de dosificar y los tiempos empleados en los mismos, además de supervisar su avance por medio de una curva de aprendizaje. En el caso de trabajadores con experiencia; monitorear su productividad e informar acerca de cambios efectuados en el proceso, así como incentivos a trabajadores sobresalientes. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Obreros | 50,00\$ (capacitación a 1 trabajador nuevo) 20,00\$ (monitoreo de productividad semestral) | De acuerdo a planificación |

| Causa Raíz: El trabajador no usa de manera correcta el dosificador de mermelada. | | | | | |
|--|--|----------------------|---|---|-----------------------|
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo | Capacitar a trabajadores que presenten problemas al momento de dosificar y/o baja productividad, en el caso de modificar el proceso, realizar una capacitación grupal con temas que aborden la capacidad de producción, así como nuevas técnicas de trabajo. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Obreros | 50,00\$ (capacitación a 1 trabajador) 200,00\$ (capacitación grupal) | 06/01/2019-31/01/2019 |

| Causa Raíz: Existencia de moldes rotos por donde filtra la solución de cloruro de calcio. | | | | | |
|---|---|----------------------|---|---|--|
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Inspección continua del estado de los moldes y reposición inmediata de los averiados. | Identificar los moldes que presenten roturas por medio de inspecciones continuas y un registro de mantenimiento que permita identificar cualquier problema con la herramienta de trabajo, en el caso de poder repararlos, hacerlo de inmediato, caso contrario adquirir nuevos, los mismos que cuenten con las características adecuadas y estandarizados por la empresa. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de producción Obreros | 10,00\$ (reparación de cada molde) 45,00\$ (adquisición de un molde nuevo) 100,00\$ (elaboración del plan de mantenimiento) | De acuerdo a un Plan de mantenimiento o preventivo |

| Causa Raíz: El trabajador tiene prisa por dosificar debido a la alta producción | | | | | |
|---|---|----------------------|---|----------------------------------|-----------------------|
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Aplicación de técnicas a prueba de errores (poka-yoke) | Instalación de un temporizador que permita alertar a los trabajadores del tiempo de congelación necesario para dosificar un sabor tras otro y todos los sabores completos; además de adquirir dosificadores manuales que permitan controlar la cantidad de mermelada o caldo base en cada helado, de manera que el trabajador no utiliza la innecesaria o insuficiente sin derramar la materia prima. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de producción Obreros | 100,00\$ (costo de implantación) | 06/01/2019-31/01/2019 |

| | | | | | |
|---|---|----------------------|---|---|-----------------------|
| Causa Raíz: | Mal estado del palillo de madera | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Aplicación de planes de muestreo más estrictos e inspección previa a la colocación en el proceso de dosificación manual | Elaboración y aplicación de un plan de muestreo de aceptación que evite adquirir porcentajes considerables de palillos en mal estado y su posterior rotura, teniendo en cuenta un porcentaje de aceptación para los proveedores, además de realizar inspecciones previas antes de ubicar los palillos en el helado por parte de los operadores. | Área de dosificación | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Obreros | 150,00\$ (costo de elaboración del plan) | 03/02/2019-28/02/2019 |
| Causa Raíz: | Manipulación incorrecta del palillo de madera por parte de los trabajadores | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Capacitación y aplicación de técnicas apropiadas para desmoldar los helados de sabores. | <p>Analizar de mejor manera el proceso de desmoldado y el tiempo necesario que debe permanecer sumergido el molde en la tina de agua con respecto a su temperatura.</p> <p>Capacitar a los trabajadores acerca de las instrucciones que deben seguir para un correcto desmoldado y ubicación de un indicador de tiempo visible en el área de trabajo, e implementación de una toma de agua caliente cercana al área de trabajo.</p> | Área de desmoldado | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Obreros | 400,00\$ (costo de estudio y capacitación a los trabajadores) | 03/02/2019-28/02/2019 |

| | | | | | |
|--|--|-----------------------------|--|---|--|
| Causa Raíz: | La máquina FLOPAK no recibe la calibración ni mantenimiento adecuado | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Mantenimiento preventivo a la máquina FLOPAK. | Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para evitar descalibraciones de la máquina FLOPAK, que trae como consecuencias helados defectuosos y paradas de planta imprevistas, así también capacitaciones al personal que labora con la máquina, acerca de su reparación, mantenimiento y manejo correcto. | Área de enfundado y sellado | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Técnico externo • Obreros | 100,00\$ (costo de elaboración del plan) 150,00\$ (costo por cada mantenimiento preventivo trimestral) | De acuerdo a un plan de mantenimiento o preventivo |
| Causa Especial: | Alto porcentaje de reproducibilidad 28% (concordancia entre los criterios de los trabajadores) | | | | |
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Estandarización de los aspectos a tomar en cuenta para que un helado de sabores sea considerado defectuoso o en buen estado. | Estudio acerca de las características que debe tener un helado de sabores para ser comercializado con el fin de reducir el porcentaje de reproducibilidad y socialización a los trabajadores acerca de estos criterios de aceptación, e incentivos a los trabajadores con mejor desempeño durante el año de trabajo. | Área de desmoldado | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Obreros | 200,00\$ (costo del estudio) 250,00\$ (costo de la socialización) | 03/02/2019- 28/02/2019 |

| Causa Especial: | | Ausencia de un supervisor de calidad | | | |
|--|--|--------------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------|
| ¿Qué? | ¿Cómo? | ¿Dónde? | ¿Quién? | ¿Cuánto? | ¿Cuándo? |
| Incorporación de un supervisor de calidad. | Contratación de un supervisor de calidad con el conocimiento necesario acerca del control de calidad tanto en los procesos y el producto final, de manera que pueda supervisar el estado de los mismos periódicamente y encargado de estudios futuros de mejora continua, así como incrementar la capacidad de producción y generar beneficios a la empresa. | Área de desmoldado | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Gerencia • Departament o contable | 7200,00\$ (costo anual de salario) | 06/01/2019-28/02/2019 |

Como se muestra en el Plan de Acción (5W 2H) Tabla 52 todas las propuestas cuentan con un valor estimado al momento de implementarlas, en ciertos casos estas se aplicarán una sola vez, y en otras; cada cierto periodo de acuerdo a una planificación o cuando se las requiera. No se incluye la pregunta ¿Por qué? debido a que todas las propuestas de mejora están direccionadas a disminuir la variabilidad en cada proceso, y junto con esta el número de helados de sabores defectuosos.

Análisis de factibilidad

Antes de que la empresa decida implementar las actividades planteadas en el punto anterior es necesario conocer la viabilidad de estas, para esto se debe considerar los siguientes aspectos de la Tabla 53.

Tabla 53 Análisis de factibilidad de las mejoras propuestas

| Factibilidad de las propuestas de mejora | |
|---|--|
| Aspectos | Detalle |
| Técnicos | <ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con el presente estudio y el estado actual de cada proceso crítico en aspectos de calidad: Nivel Sigma, PPM, Capacidad del proceso, Índice Yield, NPR, entre otras características de cada fase de la metodología Six Sigma. - La aplicación y monitoreo de las propuestas de mejora estarán a cargo fundamentalmente del jefe de producción que cuenta con el perfil requerido, así como de los trabajadores de cada área. Todo esto en su mayoría con un esfuerzo bajo y beneficios altos de acuerdo a la Figura 70. - La planta, así como los procesos de producción brindan las condiciones necesarias para la implementación de las propuestas de mejora, los medios a utilizar van desde medio hasta un bajo nivel de adquirirlos. |

| | |
|-----------|---|
| Económico | <ul style="list-style-type: none"> - Para la implementación de las propuestas de mejora se requiere una inversión en: remuneración a las horas hombre de trabajo por parte del jefe de producción y obreros, herramientas estadísticas informáticas de licencia libre, financiamiento a las capacitaciones internas y/o externas, gastos en mantenimientos preventivos a maquinaria, adquisición de herramientas de trabajo. - La implementación de las propuestas de mejora requiere una inversión aproximada de 2525,00\$, mismo valor que puede ser cubierto por las pérdidas económicas de aproximadamente de 633.93\$ al mes, puesto que se puede reducir el impacto de la variabilidad en cada proceso crítico encontrado durante el estudio. - Se cuenta con el apoyo de la alta gerencia y otros departamentos para tomar en cuenta las propuestas de mejora y aplicarlas en beneficio de la empresa y la calidad de su producto de mayor demanda. |
| Legal | <ul style="list-style-type: none"> - Las propuestas de mejora se encuentran enmarcadas en los derechos de las personas (consumidores) establecidos por la Constitución de la República del Ecuador, donde tienen el derecho a percibir un bien de consumo de calidad y libre de defectos. - Las mejoras se enfocan a la satisfacción del cliente de manera que este pueda percibir un producto que satisfaga sus necesidades y de manera libre, además que deba someterse a un adecuado control de calidad y al cumplimiento de normas técnicas. Entre lo mencionado, también entra el cumplimiento de las obligaciones de los proveedores establecidas en la Ley |

| | |
|------------------------------|---|
| | <p>Orgánica de Defensa del Consumidor con su última modificación en el 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo a la finalidad de las mejoras propuestas, estas se encuentran alineadas a los propósitos que persiguen la Misión y Visión de la empresa, todo con respecto a ofertar un producto de calidad y de impacto nacional e internacional. |
| Beneficios y/o Beneficiarios | <ul style="list-style-type: none"> - Las propuestas de mejora persiguen como beneficio principal, disminuir la variabilidad que existe en cada uno de los procesos críticos y por ende una menor cantidad de productos defectuosos. Además de elevar el estado de los procesos productivos y la calidad del producto de mayor demanda. - Entre los principales beneficiarios de las propuestas de mejora están los clientes internos y externos, los mismos que proveerán y percibirán un producto que satisfaga sus necesidades, y cumpliendo los estándares de calidad. |

Financiamiento

El costo de llevar a cabo el Plan de Mejora implica la necesidad de realizar un desembolso a los recursos económicos de la empresa, para lo cual resulta necesario describir todos los gastos que conlleva el estudio:

- En lo que respecta al factor humano, se calcula las horas hombre requeridas por parte del jefe de producción para los estudios necesarios y las de los operarios involucrados en las capacitaciones de acuerdo a una planificación y con respecto a materiales y herramientas para el control de la calidad, se tiene un estimado de 2525,00\$.

- En el caso de contratar a un supervisor de calidad, el valor a desembolsar mensualmente será de 600,00\$ y con un valor total al año de 7200,00\$ en lo que respecta al año en el que se aplicará las propuestas de mejora.

Todos los gastos bordean un valor de 9725,00\$ anuales en el caso de incorporar un supervisor de calidad durante el año de estudio, mientras tanto si la empresa se abstiene de dicha decisión los gastos serán alrededor de 2525,00\$ durante el primer año, mientras que en los próximos este gasto disminuiría paulatinamente.

Fase de CONTROL

Sistema de control de mejoras

Debido a que el principal objetivo que persigue esta etapa es mantener las mejoras propuestas, se desarrolla un plan de control Tabla 54 por cada actividad planteada en la fase anterior de manera que se pueda controlar las X vitales:

Tabla 54 Sistema de control de mejoras

| Propuesta de mejora | Responsable | Descripción | Medio y/o herramientas de control |
|---|---|---|---|
| Estandarización de tiempos de congelación entre los diferentes sabores. | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | Se realiza inspecciones en el área de dosificación para verificar que los trabajadores dosifiquen en el tiempo correcto, y se analiza la variabilidad del proceso tomando una muestra de la producción para medir su porcentaje de productos defectuosos. | <ul style="list-style-type: none"> • Observación directa • Checklist • Hojas de verificación. • Análisis de una muestra del proceso |
| Estandarización del proceso de Dosificación Manual | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | El responsable se encargará de medir el estado del proceso ya sea por medio del nivel sigma o por cartas de control, y comparar estos resultados con los | <ul style="list-style-type: none"> • Métricas Six Sigma • Cartas de Control |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | | anteriores para de acuerdo a esto realizar los cambios necesarios. | |
| Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | El encargado deberá realizar la curva de aprendizaje de trabajadores nuevos, así como llevar un registro de las capacitaciones impartidas a los mismos. | <ul style="list-style-type: none"> • Curva de aprendizaje • Registro de capacitación y entrenamiento |
| Capacitaciones continuas y supervisión a los trabajadores cercanos al trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | El encargado deberá entrevistar a los trabajadores que presenten problemas al momento de dosificar para conocer las posibles causas, así como llevar el registro de capacitaciones requeridas y realizar las necesarias acerca de nuevos métodos de trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Registro de capacitación y entrenamiento |
| Inspección continua del estado de los moldes y reposición inmediata de los averiados. | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad • Obreros | Se deberá realizar un mantenimiento preventivo de los moldes cada cierto periodo de tiempo de acuerdo a un plan, además de contar con la observación diaria de los operadores. | <ul style="list-style-type: none"> • Registro de control preventivo • Observación directa |
| Aplicación de técnicas a prueba de errores (poka-yoke) | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | Verificar que se lleven a cabo las actividades contempladas en el manual de dosificación, los tiempos, cantidades y respetando el método de trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • Checklist • Manual de dosificación • Observación directa • Cartas de control |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Aplicación de planes de muestreo más estrictos e inspección previa a la colocación en el proceso de dosificación manual</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad • Obreros | <p>Verificar el porcentaje de aceptación para los lotes de palillos de madera e informar al departamento de ventas acerca de la confiabilidad de los proveedores. Además, que los trabajadores deberán llevar la cuenta de los palillos en mal estado en una hoja de verificación de fallas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Planes de muestreo de aceptación • Informes acerca de proveedores • Observación directa • Hojas de verificación de fallas |
| <p>Capacitación y aplicación de técnicas apropiadas para desmoldar los helados de sabores.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | <p>Verificar que los trabajadores tengan presente el tiempo y las técnicas de trabajo adecuadas al desmoldar los helados, por medio de una hoja de verificación de fallos para su posterior análisis.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de verificación de fallos • Registros de capacitación y entrenamiento • Cartas de control |
| <p>Mantenimiento preventivo a la máquina FLOPAK.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad • Obreros | <p>Se lleva un registro de mantenimiento preventivo de manera que la maquina no provoque paradas de planta. Además, se instruye a los trabajadores más cercanos acerca de los problemas que puede presentar la máquina y como solucionarlos en caso de que el encargado no se encuentre presente.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Registro de control preventivo • Observación directa • Registro de capacitación y entrenamiento |
| <p>Estandarización de los aspectos a tomar en cuenta para que un helado de sabores sea considerado</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | <p>Realizar un análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad nuevo para contemplar los cambios en los criterios de</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis R&R • Hojas de evaluación |

| | | | |
|--|---|---|---|
| defectuoso o en buen estado. | | aceptación de los trabajadores. | |
| Incorporación de un supervisor de calidad. | <ul style="list-style-type: none"> • Jefe de producción • Supervisor de calidad | Realizar controles de calidad a los procesos productivos de la empresa, así como a los productos, de manera que se pueda asegurar la lealtad de los clientes. | <ul style="list-style-type: none"> • Métricas Six Sigma • Cartas de Control |

Los controles mencionados para mantener las propuestas establecidas por el investigador tienen un objetivo en común, el cual es resaltar la propuesta principal, la creación e implementación de una política de calidad que permita a la empresa ubicarse entre las más reconocidas a nivel nacional e internacional, ofreciendo productos de alta calidad que mantengan la lealtad de sus clientes internos y externos.

Análisis de modo y efecto de fallas(actualizado)

De igual manera que las otras características analizadas en el proyecto Six Sigma, se debe realizar el análisis de modo y efecto de fallas luego de aplicar las acciones recomendadas en el actual, de manera que se pueda verificar su impacto en la Severidad, Ocurrencia o Detección de las causas potenciales de falla. De esta manera comparar su número de prioridad de riesgo (NPR), cuanto disminuyo este y se pueda constatar la mejora. Para su aplicación se toma en cuenta el formato ya utilizado Tabla 34.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis de los procesos productivos en Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A., demuestra que existen procesos críticos que presentan porcentajes promedios considerables de productos defectuosos, tales como, dosificación manual con el 0,85%, desmoldado con un 0,515%, enfundado y sellado con un 0,3157% lo que genera un número de helados defectuosos y al no cumplir con los estándares para ser comercializados, estos son enviados a reproceso para la elaboración del helado de mora.
- La medición de los procesos críticos demuestra que, estos se encuentran centrados, pero no son los más óptimos, y se mantienen estables a través del tiempo, puesto que no presentan puntos fuera de los límites de control, siendo las causas de tipo común el motivo de su variabilidad, es decir; la amplitud de su variación se mantiene constante al menos en el corto plazo, y a largo plazo representando la mayor oportunidad de mejora. No obstante, su índice C_p , demuestra que se encuentran en categoría 3 al tener valores entre 0,67 y 1, lo que quiere decir que no es el más óptimo para el trabajo y se requieren cambios en los mismos.
- La empresa pierde actualmente un valor aproximado de 286,38\$ en helados de sabores que resultan defectuosos, los mismos que no cuenta con los estándares necesarios, estos son llevados a reproceso y como consecuencia se genera otra pérdida de 347,55\$. En total la empresa pierde en promedio un valor de 634,00\$ cada mes, mismo valor que puede ser percibido como utilidad.
- La calidad de mediciones (análisis R&R) en el proceso de desmoldado demuestra que los trabajadores no comparten los mismos criterios de aceptación, ya que no tienen claro las características que debe tener un helado para comercializarse o para ser enviado a reproceso, eso indica el nivel de reproducibilidad del 28% por encima de la repetibilidad con un porcentaje del 20%. Sin embargo, existen trabajadores que comparten un criterio de aceptación estricto (18%) con relación a los demás, entre estos pueden considerarse como el estándar al jefe de

producción, al mismo tiempo ser de ayuda para entrenar al personal que presente un alto porcentaje de repetibilidad o reproducibilidad.

- El análisis del nivel de calidad sigma demuestra que los procesos estudiados corresponden a un nivel sigma 3, que a primera vista parece un nivel adecuado, sin embargo, su variabilidad no sigue ningún patrón en especial y sus valores no son totalmente predecibles; en lo que respecta al índice Yield (probabilidad de que una unidad esté libre de defectos al pasar por un proceso), dosificación manual presenta un porcentaje del 91,26%, desmoldado un 92,46%, enfundado y sellado un 93,15%, lo que prueba que se debe tomar acciones para aumentar dichos valores.
- Se genera un plan de acción con las mejoras propuestas que permitan alcanzar un mejor nivel sigma en los procesos críticos estudiados, además de disminuir el ancho de sus límites de control, es decir menor variabilidad y un mayor índice C_p entre otras características que favorezcan a la calidad que maneja actualmente la empresa. Contar adicionalmente con un sistema de control de mejoras que tiene como objetivo principal mantener las propuestas realizadas.
- La empresa en la actualidad no presenta un enfoque de calidad basado en una política o un sistema de gestión, Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A. labora con procesos que no se encuentran totalmente estandarizados, así como un control estadístico de la calidad con el que se manejen los mismos.

4.2 Recomendaciones

- Implementar una gestión por procesos que permita mejorar y rediseñar el flujo de trabajo, de manera que se pueda convertir en eficiente y responda a las necesidades del cliente.
- Es recomendable realizar nuevamente las cartas de control, así como el AMEF, con el fin de evidenciar los cambios logrados una vez implementadas las propuestas de mejora, esto ayudará a tener un antecedente de la situación de la empresa y sus procesos productivos.

- Implementar las propuestas de mejora lo más pronto posible, puesto que de esto dependerá la capacidad de los procesos productivos, comparar estos resultados con el estudio actual para realizar los cambios necesarios en base a una mejora continua.
- Realizar un análisis de factibilidad para la adquisición de una nueva máquina de enfundado y sellado, debido que, al tener una sola máquina, esta representaba paros de planta al averiarse, y en días de alta demanda se podría considerar como un cuello de botella.
- Con el fin de incrementar la productividad, calidad, ventas y ganancias; se recomienda aplicar técnicas y/o herramientas de Lean Manufacturing, ya que la empresa se encuentra en crecimiento y con oportunidades de mejora.

Bibliografía

- [1] L. B. Message Costa, M. G. Filho, L. D. Fredendall y F. J. Gómez Paredes, «Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry,» *Trends in Food Science & Technology*, vol. LXXXII, pp. 122-133, 2018.
- [2] S. Rahmat, C. B. Cheong y M. S. Rizal Bin Abd Hamid, «Challenges of Developing Countries in Complying Quality and Enhancing Standards in Food Industries,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. CCXXIV, pp. 445-451, 2016.
- [3] El Universo.com, «América economía,» 11 Mayo 2011. [En línea]. Available: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ecuador-marcas-de-helados-crean-variedades-sanas-para-incentivar-el-consumo>. [Último acceso: 4 Septiembre 2019].
- [4] El Universo.com, «Más competencia en el ‘mundo’ de los helados en Ecuador,» *El Universo*, 30 Noviembre 2015.

- [5] L. Socconini, «¿Qué es Six Sigma?,» de *Lean Six Sigma Green Belt*, Barcelona, Marge Books, 2015, p. 11.
- [6] F. Anbari, «Beneficios, obstáculos y futuro del enfoque Six Sigma,» *Technovation*, vol. XXVI, n° 26, pp. 708-715, 2006.
- [7] K. Maneesh, A. Jiju, C. Madu y D. Montgomery, «Mitos comunes de Six Sigma desmitificados,» *Revista Internacional de Gestión de Calidad y Confiabilidad*, vol. XXV, n° 8, pp. 878-895, 2008.
- [8] A. Jiju, «Six sigma en pequeñas y medianas empresas manufactureras del Reino Unido: algunas observaciones empíricas,» *Revista Internacional de Gestión de Calidad y Confiabilidad*, vol. XXII, n° 8, pp. 860-874, 2005.
- [9] J. Tolamatl, D. Gallardo, J. Varela y E. Flores, «Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz,» *Conciencia Tecnológica*, n° 42, pp. 11-18, 2011.
- [10] A. Elizondo, Reducción de defectos en lotes de producto terminado mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma, Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias, 2007.
- [11] E. Sánchez, Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: Estudio teórico y su posible aplicación en el Perú, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2005.
- [12] C. Varas, «Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate (Tesis de Pregrado),» Santiago de Chile, 2010.
- [13] M. Guevara, Aplicación de la metodología Seis Sigma como herramienta de mejora a los principales indicadores de gestión en el área de manufactura de la planta Ecuador Bottling Company en la Ciudad de Quito, Universidad Politécnica Salesiana, 2011.
- [14] M. Pilco, Control estadístico de calidad de los procesos productivos mediante la metodología Six Sigma en la empresa carrocera Patricio cepeda, Universidad

Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, 2016.

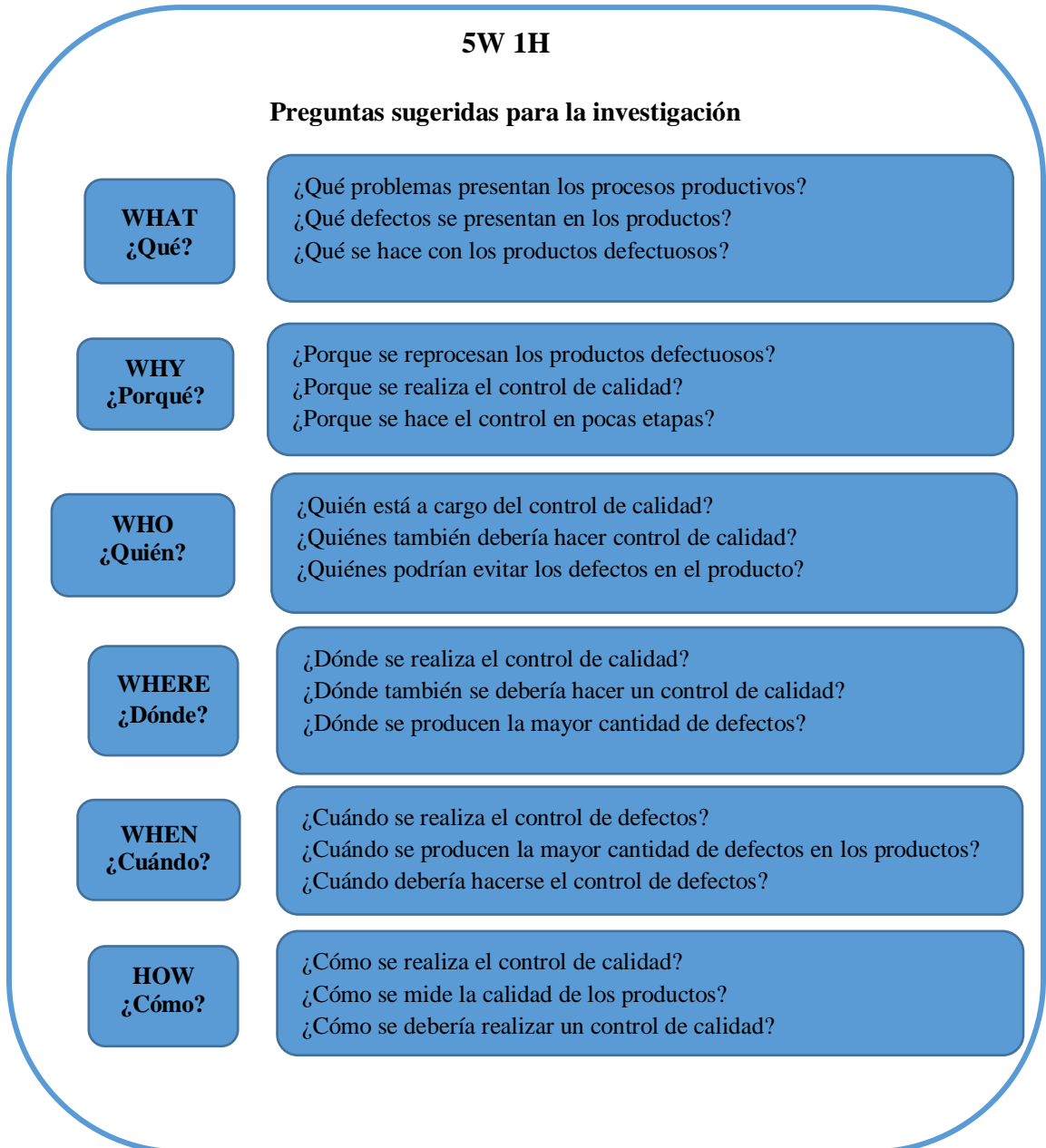
- [15] A. Urrutia, Plan de mejora de la calidad en la producción de calzado en Creaciones Mabeliz mediante la aplicación de la metodología Six Sigma, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, 2015.
- [16] V. Oña y J. Arcos, Análisis de la Metodología DMAIC como un modelo de mejora continua para el sector productivo de las PYMES de alimentos en la Provincia de Pichincha entre 2008-2012, Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [17] F. Vacas y J. Loayza, «Plan de mejora en el proceso de preparación de conservas en una industria alimenticia aplicando la metodología Seis Sigma (Tesis de Pregrado),» Quito, 2009.
- [18] G. Serrano y F. Ruiz, Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: Caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla, Universidad San Francisco De Quito, 2018.
- [19] A. Vásquez, «Propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma para el proceso de envasado de la leche en funda. Caso: lácteos san antonio c.a. sucursal cuenca(Tesis de Pregrado),» Cuenca, 2015.
- [20] E. Deming, Calidad, Productividad y Competitividad La salida de la Crisis, Madrid, 1989.
- [21] V. Guerrero, «Lean Solutions,» 7 Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>. [Último acceso: 8 Septiembre 2019].
- [22] V. Guerrero, «Lean Solutions,» 7 Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>. [Último acceso: 25 Julio 2019].
- [23] H. Gutiérrez, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, México: McGraw-Hill, 2009.

- [24] L. Díaz, U. Torruco, M. Martínez y M. V. Varela, «La entrevista, recurso flexible y dinámico,» *Investigación en Educación Médica*, vol. II, n° 7, pp. 162-167, 2013.
- [25] «aiteco Consultores Desarrollo y Gestión,» [En línea]. Available: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo>. [Último acceso: 15 Septiembre 2019].
- [26] M. Trías, P. Gonzáles, S. Fajardo y L. Flores, «Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos,» *INNOTEC GESTION*, n° 1, p. 22, 2009.
- [27] «Control Estadístico de la Calidad,» [En línea]. Available: <http://guillermoneria-controlestadistico.weebly.com/159-w-una-h/december-07th-2014>. [Último acceso: 15 Septiembre 2019].
- [28] R. Hernández, *Metodología de la Investigación*, México: McGRAW-HILL, 2014.
- [29] «aiteco Consultores Desarrollo y Gestión,» [En línea]. Available: <https://www.aiteco.com/tormenta-de-ideas/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2019].
- [30] GEO Tutoriales, «Gestión de Operaciones,» 3 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2019].
- [31] «Soporte de Minitab,» [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/gage-r-r-analyses/what-is-a-gage-r-r-study/>. [Último acceso: 17 Septiembre 2019].
- [32] L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios*, Barcelona: Marge Books, 2014.
- [33] «Blackberry & Cross Innovation for Improvement,» 17 Abril 2017. [En línea]. Available: http://i4is.blackberrycross.com/app/cms/www/index.php?pk_articulo=861. [Último acceso: 19 Septiembre 2019].


- [34] «MENTORY,» 20 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://mentory.online/2016/05/matriz-de-impacto-y-esfuerzo.html>. [Último acceso: 19 Septiembre 2019].
- [35] D. Betancourt, «IngenioEmpresa,» 28 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/5w2h/>. [Último acceso: 19 Septiembre 2019].
- [36] «Labor Mexicana,» [En línea]. Available: <http://www.labormx.com/estudio-factibilidad.html>. [Último acceso: 20 Septiembre 2019].
- [37] S. Aguilar Barojas, «Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud,» *Salud en TABASCO*, vol. XI, nº 1-2, pp. 333-338, 2005.
- [38] L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*, Barcelona: Marge Books, 2015.
- [39] E. Steiner, «Interpolación,» de *Matemáticas PARA LAS CIENCIAS APLICADAS*, Madrid, REVERTÉ, 2005, pp. 511-512.
- [40] «Six Sigma Meterial,» [En línea]. Available: <http://www.six-sigma-material.com/Tables.html>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].
- [41] «Six Sigma Material,» [En línea]. Available: <http://www.six-sigma-material.com/Tables.html>. [Último acceso: 20 Septiembre 2019].
- [42] «Lean Solutions,» [En línea]. Available: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>. [Último acceso: 26 Septiembre 2019].
- [43] «Los helados de Salcedo,» [En línea]. Available: <https://losheladosdesalcedo.com/>. [Último acceso: 1 Diciembre 2019].

Anexos

Anexo 1 Modelo de herramienta 5W 1H



Anexo 2 Hoja de verificación aplicada

| | | | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| <p><i>Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S.A.</i></p> | | | | | | |  |
| <p>HOJA DE VERIFICACIÓN</p> | | | | | | | |
| Producto: | | | | | | | |
| Fecha: | | | | | | | |
| Inspector: | | | | | | | |
| Hora: | | | | | | | |
| | FRECUCENCIA | | | | | | |
| DEFECTOS | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 | DIA 6 | Total |
| Defecto 1 | | | | | | | |
| Defecto 2 | | | | | | | |
| Defecto 3 | | | | | | | |
| Defecto 4 | | | | | | | |
| Defecto 5 | | | | | | | |
| Otros: | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Novedades: | | | | | | | |
| Firma del Responsable | | | | | | | |

Anexo 3 Hoja de evaluación para estudios de repetibilidad y reproducibilidad(R&R)

| Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|---------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|--|
| Fecha: | | | | | | | | | | | |
| Inspector: | | | | | | | | | | | |
| Proceso: | | | | | | Subproceso: | | | | | |
| Operario 1: | | | | | | | | | | | |
| Operario 2: | | | | | | | | | | | |
| Operario 3: | | | | | | | | | | | |
| Operario 4: | | | | | | | | | | | |
| Operario 5: | | | | | | | | | | | |
| Producto evaluado: | | | | | | | | | | | |
| 0 = Rechaza producto | | | | | 1 = Acepta producto | | | | | | |
| | Semana 1 | | | | | Semana 2 | | | | | |
| Producto | Op. 1 | Op. 2 | Op. 3 | Op. 4 | Op. 5 | Op. 1 | Op. 2 | Op. 3 | Op. 4 | Op. 5 | |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Firma Responsable: | | | | | | | | | | | |



Anexo 4 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla [23]

| Efecto | Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente) | Puntuación | Efecto | Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ensamble) |
|--|---|------------|--|--|
| Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios | El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso. | 10 | Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios | Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso. |
| | El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso. | 9 | | Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso. |
| Pérdida o degradación de la función primaria | Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto). | 8 | Trastorno o afectación mayor | El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque. |
| | Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño). | 7 | Trastorno o afectación significativa | Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores. |
| Pérdida o degradación de función secundaria | Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables). | 6 | Trastorno o afectación moderada | El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada. |
| | Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad) | 5 | | Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada. |
| Molestia | Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%). | 4 | Trastorno o afectación moderada | El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada. |
| | Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%). | 3 | | Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada. |
| | Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%). | 2 | Trastorno o afectación menor | Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador. |
| Ningún efecto | Ningún efecto perceptible para el cliente. | 1 | Ningún efecto | Ningún efecto perceptible |

Anexo 5 Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF [23]

| Posibilidad de falla | Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto) | Puntuación |
|----------------------|---|------------|
| Muy alta | ≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10 | 10 |
| Alta | 50 por cada mil piezas 1 en cada 20 | 9 |
| | 20 por cada mil piezas 1 en cada 50 | 8 |
| | 10 por cada mil piezas 1 en cada 100 | 7 |
| Moderada | 2 por cada mil piezas 1 en cada 500 | 6 |
| | 0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2 000 | 5 |
| | 0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10 000 | 4 |
| Baja | 0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100 000 | 3 |
| | ≤ 0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1 000 000 | 2 |
| Muy baja | Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo | 1 |

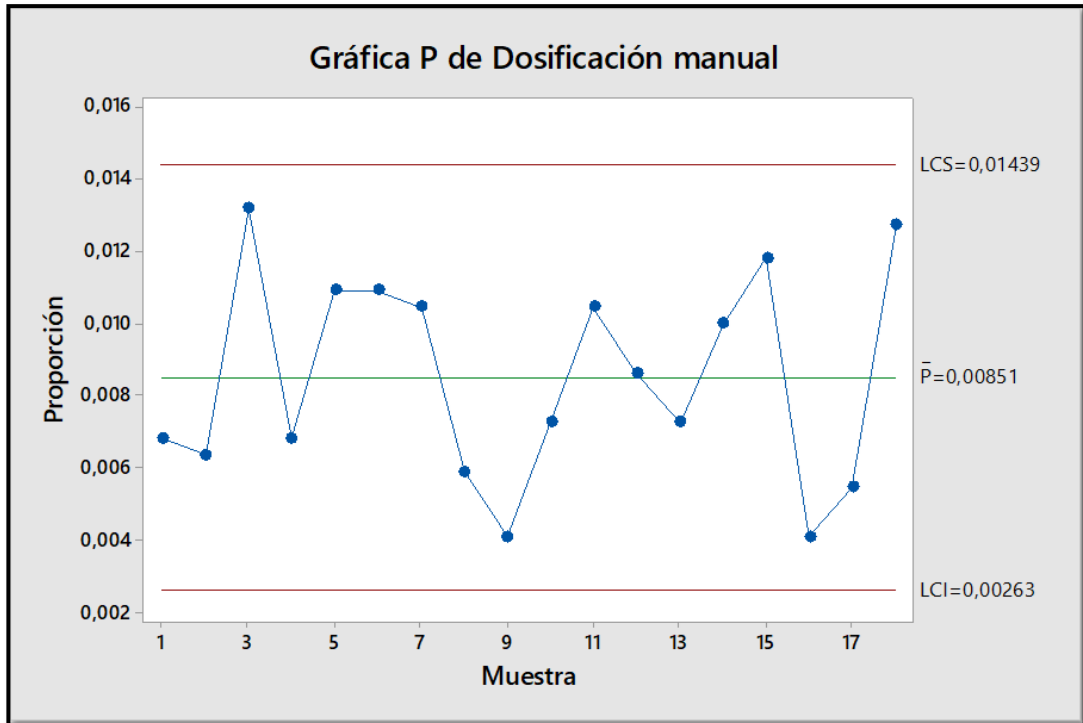
Anexo 6 Criterios para la evaluación de la oportunidad de detección de las causas potenciales de falla en el AMEF [23]

| Oportunidad de detección | Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso | Puntuación | Posibilidad de detección |
|--|--|------------|--------------------------|
| Ninguna oportunidad de detección | Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado. | 10 | Casi imposible |
| No es probable detectar en cualquier etapa | El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias). | 9 | Muy remota |
| Detección del problema después del procesamiento | El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído. | 8 | Remota |
| Detección del problema en la fuente | El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.) | 7 | Muy Baja |
| Detección del problema después del procesamiento | El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.) | 6 | Baja |
| Detección del problema en la fuente | El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para causas relacionadas con el arranque). | 5 | Moderada |
| Detección del problema después del procesamiento | El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente. | 4 | Moderadamente alta |
| Detección del problema en la fuente | El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente. | 3 | Alta |
| Detección del error y/o prevención del problema | Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes. | 2 | Muy Alta |
| No se aplica detección, se previene el error | Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores. | 1 | Casi segura |

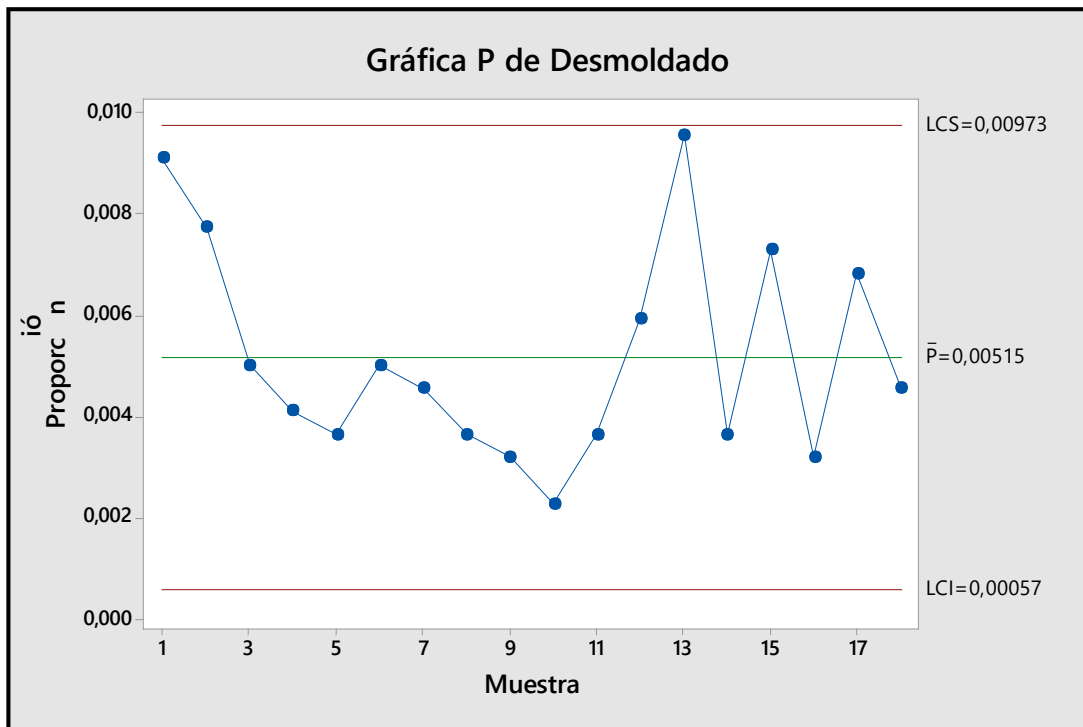
Anexo 7 Los índices C_p , C_{pi} y C_{ps} en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación [23]

| Valor del índice (corto plazo) | Proceso con doble especificación (índice C_p) | | Con referencia a una sola especificación (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk}) | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| | % fuera de las dos especificaciones | Partes por millón fuera (PPM) | % fuera de una especificación | Partes por millón fuera (PPM) |
| 0.2 | 54.8506% | 548 506.130 | 27.4253% | 274 253.065 |
| 0.3 | 36.8120% | 368 120.183 | 18.4060% | 184 060.092 |
| 0.4 | 23.0139% | 230 139.463 | 11.5070% | 115 069.732 |
| 0.5 | 13.3614% | 133 614.458 | 6.6807% | 66 807.229 |
| 0.6 | 7.1861% | 71 860.531 | 3.5930% | 35 930.266 |
| 0.7 | 3.5729% | 35 728.715 | 1.7864% | 17 864.357 |
| 0.8 | 1.6395% | 16 395.058 | 0.8198% | 8 197.529 |
| 0.9 | 0.6934% | 6 934.046 | 0.3467% | 3 467.023 |
| 1.0 | 0.2700% | 2 699.934 | 0.1350% | 1 349.967 |
| 1.1 | 0.0967% | 966.965 | 0.0483% | 483.483 |
| 1.2 | 0.0318% | 318.291 | 0.0159% | 159.146 |
| 1.3 | 0.0096% | 96.231 | 0.0048% | 48.116 |
| 1.4 | 0.0027% | 26.708 | 0.0013% | 13.354 |
| 1.5 | 0.0007% | 6.802 | 0.0003% | 3.401 |
| 1.6 | 0.0002% | 1.589 | 0.0001% | 0.794 |
| 1.7 | 0.0000% | 0.340 | 0.0000% | 0.170 |
| 1.8 | 0.0000% | 0.067 | 0.0000% | 0.033 |
| 1.9 | 0.0000% | 0.012 | 0.0000% | 0.006 |
| 2.0 | 0.0000% | 0.002 | 0.0000% | 0.001 |

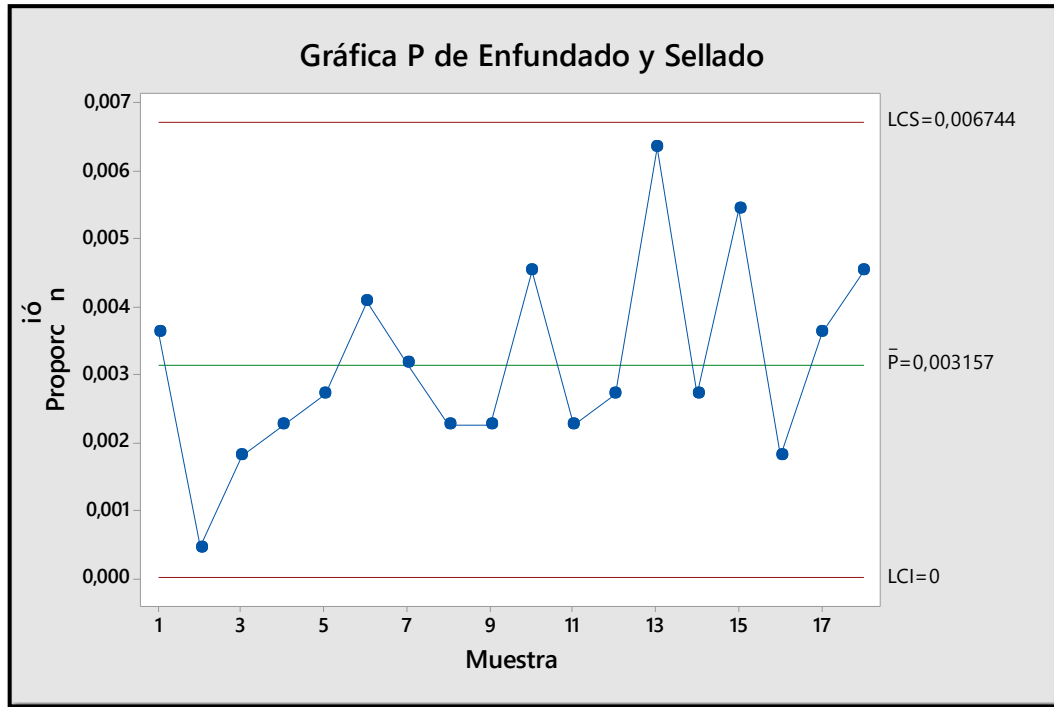
Anexo 8 Carta p en Minitab (Dosificación manual)



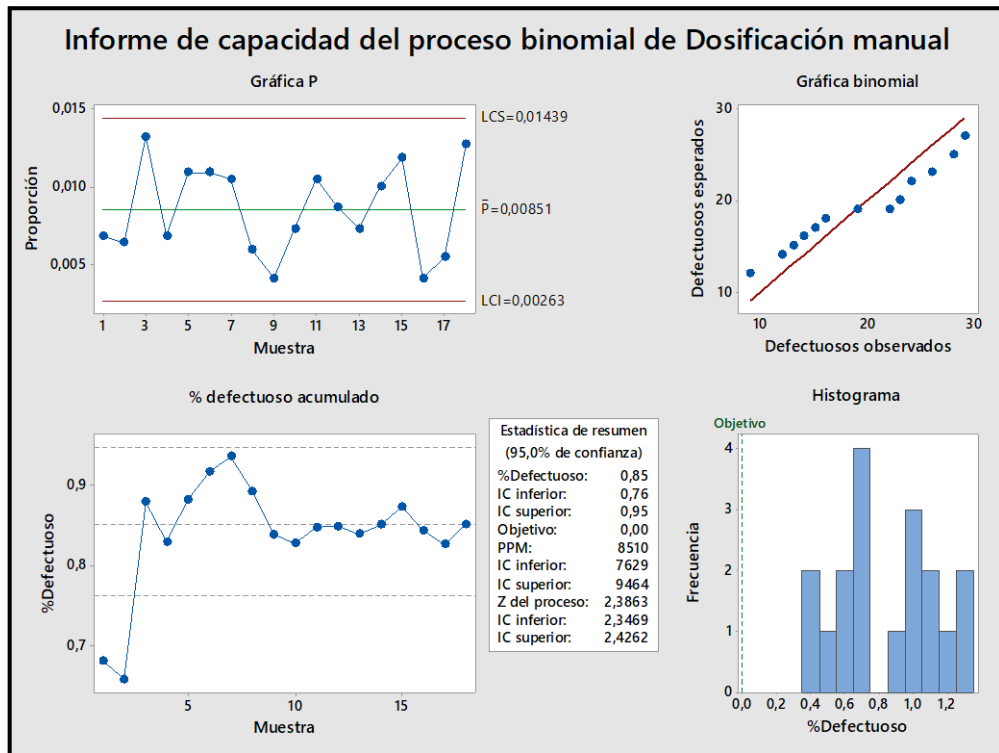
Anexo 9 Carta p en Minitab (Desmoldado)



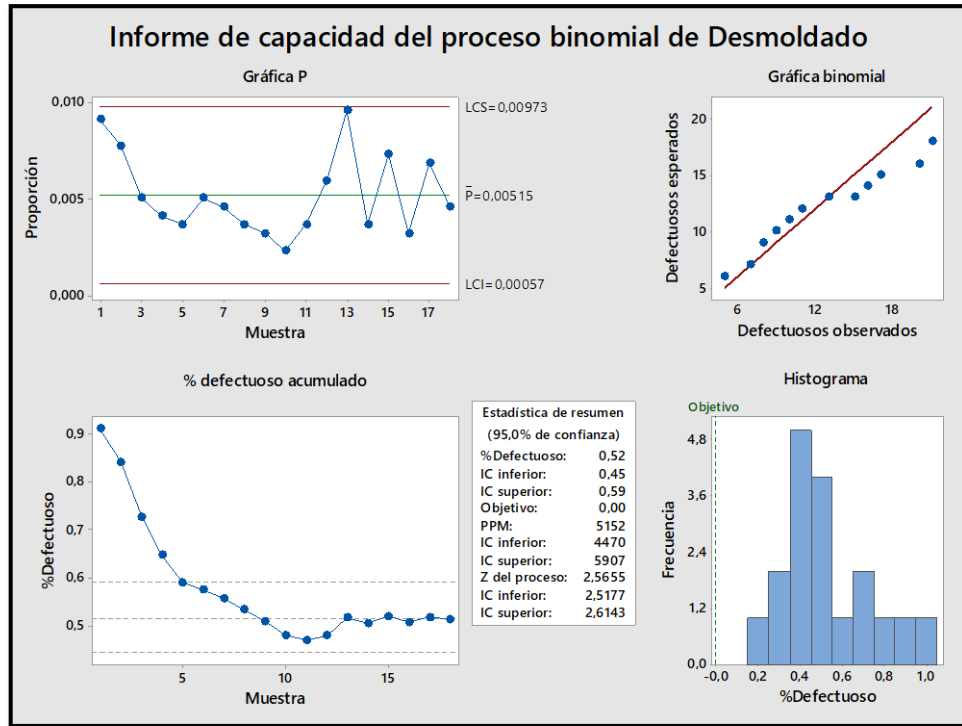
Anexo 10 Carta p en Minitab (Enfundado y Sellado)



Anexo 11 Informe de capacidad del proceso binomial de Dosificación manual



Anexo 12 Informe de capacidad del proceso binomial de Desmoldado



Anexo 13 Informe de capacidad del proceso binomial de Enfundado y Sellado

