

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Reducción del desperdicio de crema en el proceso productivo de un
helado extruido

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Lily Pamela Rodríguez Macías

Karla Piedad Tapia Miranda

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo quiero dedicar mis padres, que son quienes me guiaron por el mejor camino y me formaron para ser la persona que soy en la actualidad. En especial a Lorena Macías, que me ayudó a nunca desistir y continuar a pesar de todo y así poder culminar esta parte de mi vida académica.

Lily Pamela Rodríguez Macías

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mis padres, Juan Carlos Tapia y Bettsy Miranda, quienes a lo largo de mi vida me han inculcado los hábitos y valores que me han permitido salir adelante y alcanzar las metas que me proponga. También se lo dedico a mi hermana Doménica Tapia, quien siempre ha sido mi gran compañía y un apoyo fundamental en mi vida académica y personal.

¡Este logro se lo dedico a ustedes con todo mi amor!

Karla Piedad Tapia Miranda

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a Dios por permitirme recorrer todo este camino y así haber podido llegar a donde estoy. A Azael Ubillús quien ha sido un amigo incondicional y me ha brindado su apoyo en gran parte de mi vida personal y académica. A Steven Santillan, quien me ayudó a sobrellevar los primeros años de la universidad. A Xavier Ortiz y José Bastidas quienes son los mejores amigos que la carrera pudo regalarme. A Daniel Vargas Wong quien fue mi primer amigo en la universidad y me ayudó en los momentos más complicados. A Karla Tapia, mi compañera de este proyecto, por la paciencia, las risas y por todos estos años de amistad que, aunque en muchos estuvimos un poco alejadas, nuestros caminos se volvieron a encontrar para llegar a donde estamos. Finalmente, al Ph.D. Jorge Abad por su guía y recomendaciones para que este proyecto se lleve a cabo.

Lily Pamela Rodríguez Macías

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones que he recibido, por sostenerme en los momentos de mayor dificultad y por permitirme llegar donde estoy. A mis padres, mi hermana y mis abuelos por su constante apoyo en todo lo que emprendo. A mi tía Rosita Tapia, cuya guía y consejos fueron fundamentales, en especial, en mis primeros años académicos en la ESPOL. A mi esposo Daniel Vargas Guzmán, por estar a mi lado en todo momento y motivarme cada día a ser mejor. A mi mejor amiga y compañera de proyecto Lily Rodríguez, por su apoyo incondicional, por su paciencia infinita conmigo y por volver muy ameno y llevadero el trabajo de este proyecto. A Azael, Daniela, John, Christian y a todos mis amigos del Ballet Neoclásico, por ser un gran soporte estos últimos años.

Finalmente, al PhD. Jorge Abad por todas las enseñanzas recibidas en el aula de clase y por la guía y recomendaciones para la culminación de este proyecto.

Karla Piedad Tapia Miranda

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Lily Pamela Rodríguez Macías* y *Karla Piedad Tapia Miranda*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Lily Pamela Rodríguez
Macías



Karla Piedad Tapia
Miranda

EVALUADORES

Jorge Abad M., Ph.D.

PROFESOR TUTOR

PROFESOR DE LA MATERIA

RESUMEN

El presente proyecto se lleva a cabo en una planta de helados, donde en los primeros 8 meses del 2020 se registró un aumento considerable del desperdicio en una línea Extrusora. De esta manera, se plantea como objetivo la reducción del costo del desperdicio de crema de \$59,65 / tonelada a \$30,55 / tonelada en el proceso productivo de un helado extruido. Esto es una reducción del 51,22% del costo del desperdicio de crema en la línea Extrusora de la planta de helados.

Mediante la metodología DMAIC y el uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa, 5 por qué, matriz esfuerzo-impacto, entre otras, se hizo un estudio del problema para encontrar las causas raíz y proponer soluciones que ayuden a cumplir con el objetivo ya mencionado.

Como resultado se obtuvo que la implementación del proyecto generó una reducción de desperdicio de crema de 165,34 Kg a 64,10 Kg, es decir, una reducción del 44,67%. Este resultado se ve reflejado en el costo del desperdicio por tonelada, que pasó de \$59,65 / tonelada a \$24,99 / tonelada; es decir un 58,10% menos, superando el objetivo planteado.

A su vez este proyecto ayuda a la compañía a considerar lo importante de tener un registro diario de generación de desperdicios por estación, para así controlar el desperdicio de la línea, estratificar e identificar efectivamente el lugar del problema para aplicar las medidas correctivas según sea el caso.

Palabras Clave: DMAIC, Reducción, Desperdicio, Crema de Helado, Overrun

ABSTRACT

This project is carried out in an ice cream plant, where in the first eight months of 2020, there was a considerable increase of waste in the Extruder line. In this way, the objective is to reduce the cost of cream waste from \$ 59,65 / ton to \$ 30,55 / ton in an extruded ice cream production process. It is a 51,22% reduction in cream waste in the Extruder line of the ice cream plant.

Through the DMAIC methodology and the use of tools such as Ishikawa diagram, 5 why, effort-impact matrix, a study of the problem was carried out to find the root causes and propose solutions that help to comply with the goal already mentioned.

As a result of the project implementation, it generated a reduction of cream waste from 165,34 Kg to 64,10 Kg, a decrease of 44,67%. This result is reflected in the cost of waste per ton, which went from \$ 59,65 / ton to \$ 24,99 / ton; that is, 58,10% less and exceeding the objective set.

In turn, this project helps the company consider how important it is to have a daily record of waste generation by a station to control line waste, have it stratified, and effectively identify the place of the problem to apply the corrective measures the case may be.

Keywords: DMAIC, Reduction, Waste, Ice Cream's Cream, Overrun

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2	6
2. Metodología.....	6
2.1 Definición	6
2.1.1 VOC.....	6
2.1.2 Diagrama SIPOC.....	8
2.2 Medición.....	10
2.2.1 Estratificación	10
2.2.2 Fábricas ocultas	13
2.2.3 Plan de recolección de datos	13
2.3 Análisis	17

2.3.1	Diagrama de Ishikawa	17
2.3.2	Matriz Causa - Efecto	19
2.3.3	Matriz Impacto - Control	22
2.3.4	Plan de Verificación de Causas.....	24
2.3.5	Verificación de Causas.....	25
2.3.6	Cinco Por qué.....	29
2.4	Mejora	30
2.4.1	Implementación	32
2.5	Control	41
CAPÍTULO 3		43
3.	Resultados y análisis	43
CAPÍTULO 4		46
4.	Conclusiones y recomendaciones	46
4.1	Conclusiones	46
4.2	Recomendaciones	46
BIBLIOGRAFÍA		

ABREVIATURAS

SKU	Stock-Keeping Units
CTQ	Critical To Quality
UCL	Upper Control Limit
LCL	Lower Control Limit
VOC	Voice Of the Customer

SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramo
g	Gramo
Ton	Tonelada
\$	Dólares
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diseño de la planta de helado	1
Figura 2.1 Voz del cliente	6
Figura 2.2 SIPOC	8
Figura 2.3 CTQ Tree	9
Figura 2.4 Comparativo del costo del desperdicio de Crema de 2019 vs 2020.....	9
Figura 2.5 Puntos de desperdicio y retrabajo en la línea extrusora.....	11
Figura 2.6 Estratificación del desperdicio en el balance de masa	12
Figura 2.7 Estratificación del desperdicio físico.....	12
Figura 2.8 Gráfica de control del peso de la crema	15
Figura 2.9 Informe de capacidad del peso de la crema	15
Figura 2.10 Gráfica de control del porcentaje de Overrun	16
Figura 2.11 Informe de capacidad del Overrun	17
Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa de la variable Y1	18
Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa de la variable Y2	18
Figura 2.14 Operador evaluando las causas	19
Figura 2.15 Matriz Impacto - Control de la variable Y1.....	22
Figura 2.16 Matriz Causa - Control de la variable Y2.....	23
Figura 2.17 Helados sin palillos.....	25
Figura 2.18 Helados con palillos en el tacho de desperdicio	26
Figura 2.19 Helados con palillos rotos.....	26
Figura 2.20 Ausencia de helados caídos.....	27
Figura 2.21 Película fuera de las guías	28
Figura 2.22 Helados mal embolsados	28
Figura 2.23 Matriz esfuerzo-impacto de soluciones para el SAM 1	30
Figura 2.24 Matriz esfuerzo-impacto de soluciones para la embolsadora.....	31
Figura 2.25 Relación entre causas raíz y soluciones propuestas.....	32
Figura 2.26 Helado con disminución en el grosor por variación de volumen en la dosificación.....	35
Figura 2.27 Helado con aumento de grosor por variación de volumen en la dosificación del helado.....	35
Figura 2.28 Helado sin variación de volumen y con palillo centrado	36

Figura 2.29 Análisis de capacidad de Overrun	37
Figura 2.30 Palillos con variación en el grosor	37
Figura 2.31 Palillos sin variación en el grosor	38
Figura 2.32 Bandeja transportadora de helados doblada.....	39
Figura 2.33 Bandeja transportadora de helados enderezada.....	39
Figura 2.34 Inclusión de la limpieza de la palillera	41
Figura 3.1 Gráficas comparativas del desperdicio de crema en los balances de masa	43
Figura 3.2 Comparación de Estratificación de Desperdicio de Crema	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Necesidades del cliente por punto de desperdicio	7
Tabla 2.2 Comparación de datos de producción	10
Tabla 2.3 Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2.4 Matriz Causa - Efecto de la variable Y1	20
Tabla 2.5 Matriz Causa - Efecto de la variable Y2.....	21
Tabla 2.6 Plan de Verificación de Causas	24
Tabla 2.7 Aplicación de la herramienta Cinco Por qué	29
Tabla 2.8 Parámetros y estado de las pinzas del SAM 1	33
Tabla 2.9 Resumen de las condiciones iniciales de los parámetros ingresados en el freezer	34
Tabla 2.10 Resumen de las condiciones del freezer al ingresar los parámetros correctos	34
Tabla 2.11 Resumen de las condiciones del freezer y variabilidad en el proceso.....	36
Tabla 2.12 Estado de la cadena del brazo aéreo antes de la implementación.....	40
Tabla 2.13 Estado de la embolsadora antes de la implementación.....	40
Tabla 2.14 Plan de control.....	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se lleva a cabo en una empresa multinacional que opera en más de 190 países, se dedica a la producción y venta de una extensa cantidad de productos que se pueden categorizar en cuidado del hogar, cuidado personal, alimentación y helados. En Ecuador cuentan con dos plantas de producción ubicadas a las afueras de la ciudad de Guayaquil, una de productos de limpieza y otra de helados; además cuentan con dos centros de distribución y tres sucursales.

El proyecto se desarrolla en la planta de helados, como se visualiza en la Figura 1.1, cuenta con una bodega, un laboratorio, un área para la preparación de la crema de los helados, su pasteurización y maduración, ocho líneas para la producción de helados y un área de paletizado.

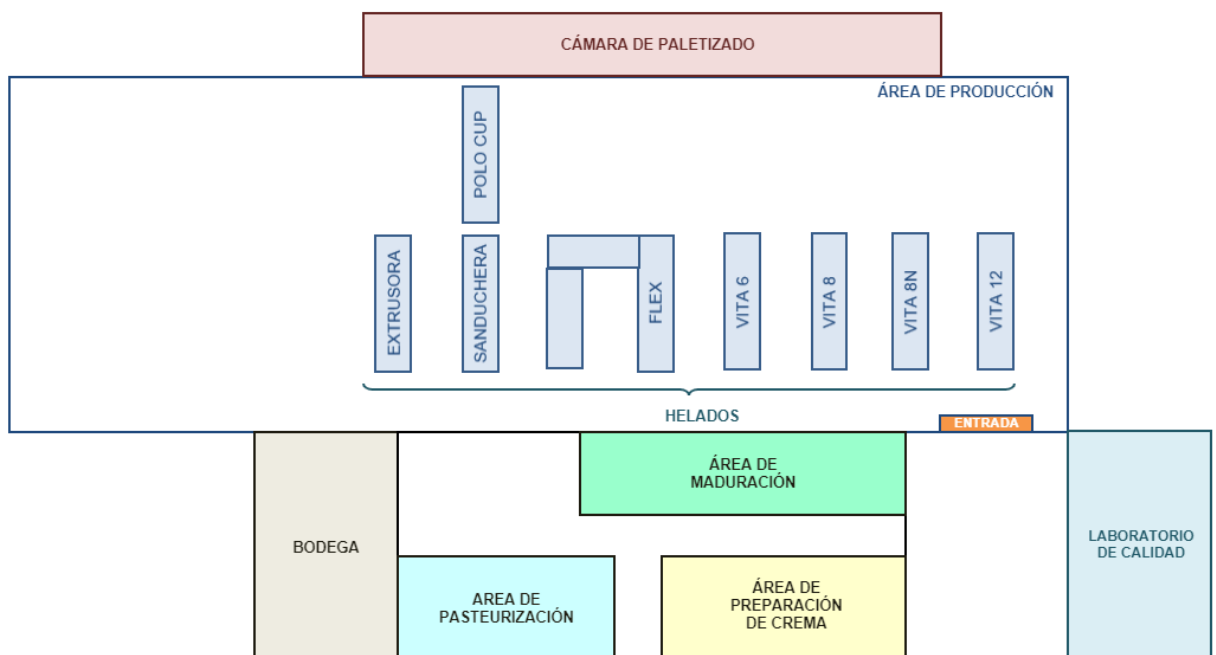


Figura 1.1 Diseño de la planta de helado

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

La problemática se presenta en la línea Extrusora, cuyo proceso se divide en dos partes: la primera comprende la preparación de la crema del helado en la olla de

preparación, luego por tuberías se conecta al área de pasteurización y de la misma forma al área de maduración; la segunda parte abarca desde la llegada de la crema al freezer hasta el embolsado de los helados. En esta línea se producen 6 SKU's, de los cuales solo se considerarán los siguientes: helado con cobertura de chocolate, helado con cobertura de chocolate y almendras, helado con cobertura de chocolate blanco y almendras, y helado con cobertura de chocolate y caramelo salado; este alcance se debe a que los otros 2 SKU's no son producidos con el mismo tipo de crema.

1.1 Descripción del problema

Actualmente la compañía presenta un aumento en las pérdidas monetarias por desperdicio de crema en la línea Extrusora, en la cual se producen helados de categoría premium. Esta problemática se la ha medido mediante la variable de costo de desperdicio por tonelada, la cual equivale a la multiplicación del costo de una tonelada de crema por el volumen de desperdicio de crema generado, y esto dividido para el volumen total de crema manufacturada.

Utilizando la herramienta 3W+2H se definió el problema: El costo de desperdicio de crema en la línea extrusora de la planta de helados ha aumentado un 95,25%; el costo de desperdicio de crema en el 2019 fue de \$30,55/tonelada y de enero a agosto de 2020 es de \$59,65/tonelada.

El presente proyecto tiene como restricciones que todos los cambios deben pasar por una evaluación de riesgos, las inversiones para las mejoras deben tener un retorno de un año y, por último, se cuenta con la restricción de la duración del proyecto es de cuatro meses.

1.2 Justificación del problema

Como se mencionó previamente, el costo por desperdicio de crema por tonelada aumentó en un 95,25% en un período de 8 meses. Adicional a este desperdicio también se puede considerar el aumento en el desperdicio de insumos como los palillos y la lámina que envuelve los helados, recursos como agua y energía utilizados en producir toneladas de crema que no será vendida como producto final, el costo de gestión de desperdicios y muchos más. Por esta razón es importante solucionar este problema que

genera muchas pérdidas económicas y que a su vez podría agravarse. Si los niveles de desperdicio se hubieran mantenido similares a los del 2019, se hubieran vendido 14.063 cajas de helado y generar \$140.630,00 más en utilidades.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el costo de desperdicio de crema de \$59,65 / tonelada a \$30,55 / tonelada en el proceso productivo de un helado extruido. Esto es una reducción del 51,22% del desperdicio de crema en la línea Extrusora de la planta de helados.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un balance de masa para encontrar los puntos donde se genera el mayor desperdicio de crema.
2. Diagramar el proceso junto a los puntos de desperdicio identificados.
3. Identificar, evaluar e implementar oportunidades de mejora para la reducción de desperdicio de crema en distintos puntos del proceso.

1.4 Marco teórico

DMAIC

Es una metodología que usa herramientas estadísticas para implementar mejoras basadas en el objetivo de tener procesos más claros y ágiles. Consiste en cinco fases: *definir* el problema y los objetivos de mejora, *medir* para conocer el proceso y su desempeño, *analizar* la data y guiar al cambio, implementar *mejoras* en el proceso, y *controlar* para verificar que los resultados sean sostenibles con el tiempo. (Pereira, Silva, Domingues, & Sá, 2019)

Diagrama SIPOC

Es una herramienta que considera a los proveedores (suppliers), entradas (inputs), proceso (process), salidas (outputs) y clientes (customers) para la descripción general de un proceso. (Brown, 2019)

Voz del Cliente

Es una herramienta que consiste en dialogar con los clientes para obtener información crítica sobre cómo se está llevando a cabo el proceso. Esta información se debe considerar en el diseño de las soluciones para garantizar que se satisfarán las necesidades del cliente.

Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto consiste en identificar los costos de calidad por categoría, producto o tipo de defecto. Permite visualizar con facilidad cuales son los problemas que generan mayor impacto para posteriormente poder enfocarse en la solución de ellos. (Montgomery, 2009)

Gráfica de Control

Es una representación gráfica de una variable que mide la calidad de un producto o servicio. Está conformado por una línea horizontal-central que indica el promedio de la variable de calidad en estado de control, y otras dos líneas horizontales denominadas como Límite de Control Superior (UCL) y Límite de Control Inferior (LCL). Estos límites de control se definen de tal manera que, si el proceso está bajo control, la mayoría de los datos tomados de una muestra se encontrarán entre estas líneas. En caso de que uno o varios datos estén por fuera de estos límites, se evidencia que el proceso está fuera de control. (Montgomery, 2009)

Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta gráfica que permite visualizar la relación entre un problema y las posibles causas que lo generan. Impulsa la búsqueda de causas que realmente afecten al problema planteado, de tal manera que se previene proponer causas aparentes que finalmente no tendrán efecto sobre la problemática. (Gutierrez, 2009)

Mapa de Flujo de Valor

Es una herramienta donde se aplica el concepto de “diagrama de flujo de material e información” donde se consideran los flujos de valor orientados hacia el cliente, permite visualizar el proceso, el flujo y los desperdicios, facilitando la identificación de mejoras para los procesos. Tiene como objetivo visualizar el estado actual de la cadena de

suministro, identificar el cuello de botella para posteriormente aplicar mejoras.
(FUKUZAWA, 2020)

Desperdicio no físico

Se denomina desperdicio no físico a aquel desperdicio no visible en la producción, ya sea por sobredosificación, residuos de crema en los componentes de la línea o cualquier otro factor que no permita contabilizar el desperdicio generado durante la producción.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

2.1.1 VOC

Para la primera etapa de la metodología DMAIC se utilizó la herramienta VOC para entender las necesidades de los clientes. Como se muestra en la figura 2.1, en este proyecto los clientes fueron el gerente de manufactura, el equipo de calidad, el equipo de procesos y los operadores.



Figura 2.1 Voz del cliente

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Mediante reuniones y entrevistas se recolectó por cada cliente las opiniones y necesidades referentes a cada punto de la línea Extrusora y la generación de desperdicios, tal como se lo muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Necesidades del cliente por punto de desperdicio

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

	Gerente de manufactura	Equipo de calidad	Equipo de procesos	Operadores
Área de preparación	Hay una pérdida natural en el proceso	X	Hay crema que se queda en las tuberías	Hay crema que se queda en las tuberías
Freezer	La tubería de purga gotea crema	X	X	La crema demora en enfriarse. La tubería de purga gotea crema
Dosificadora	Algunos palillos no salen centrados	Algunos palillos no salen centrados	X	La crema tarda en salir de la forma adecuada. Hay desperdicio al calibrar el hilo de corte
Bandejas transportadoras	Hay bandejas dobladas	Bandejas se salen de su posición	X	Hay bandejas dobladas
Sam 1 y Sam 3	Algunas pinzas no cogen bien los helados			Los palillos de los helados se rompen constantemente. Algunas pinzas no cogen bien los helados
Barras transportadoras	x	A veces el helado se suelta y cae en la bandeja de cobertura	X	x
Brazo aéreo	x	La cadena se suele salir de su posición	La cadena se suele salir de su posición	x
Embolsadora	La película se sale constantemente de la guía	Cada operador configura la embolsadora de una forma diferente	X	La película se suele romper. La embolsadora se ensucia rápidamente. La película se sale constantemente de la guía
Operadores	x	Cada operador tiene técnicas de configuración diferentes.	X	Cada operador tiene técnicas de configuración diferentes. Los operadores tienen asignadas muchas tareas.
Línea en general	Se genera desperdicio en el arranque.	Algunos helados se caen al suelo.	Las máquinas perdieron sus condiciones iniciales- Se necesita más crema para cumplir con la demanda. Ocurren algunas eventualidades durante el proceso.	Se genera mucho desperdicio en el arranque. Cada parada representa desperdicio.

2.1.2 Diagrama SIPOC

Luego de traducir la voz del cliente, se procedió a realizar el diagrama SIPOC para identificar los elementos claves del proceso: proveedores, entrada, salida y cliente; además que permitió identificar el alcance del proyecto, como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2 SIPOC

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

La elaboración del helado en estudio empieza desde la preparación de la crema, para la cual se necesita de los ingredientes como leche, esencias y saborizantes; después esta crema pasa a ser pasteurizada y llevada por medio de tuberías al área de maduración, en donde deberán permanecer mínimo 2 horas. Luego de este tiempo, por medio de tuberías, es llevada hacia el freezer para darle la temperatura y textura requerida y después es enviada hacia la línea, para al final de esta obtener el producto terminado, empacarlo y enviarlo al área de paletizado.

Como se puede observar en la Figura 2.2, hay un recuadro señalado, el cual representa el proceso en el que se enfocará el proyecto. Luego se definió las necesidades, requerimientos, y la variable de respuesta, como se puede observar a continuación en la Figura 2.3 en el CTQ Tree.

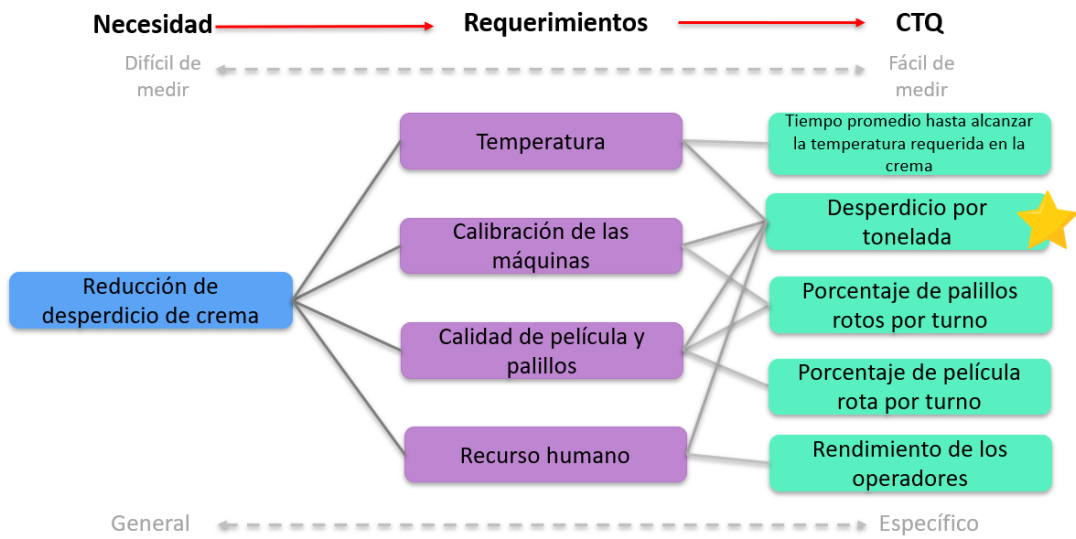


Figura 2.3 CTQ Tree

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

La variable de respuesta para la necesidad del cliente es el costo del desperdicio por tonelada, la cual está definida de la siguiente manera:

$$\text{Costo del desperdicio por tonelada} = \frac{\text{Pérdida monetaria por desperdicio de crema}}{\text{Toneladas de crema producida}} = ; \quad (2.1)$$

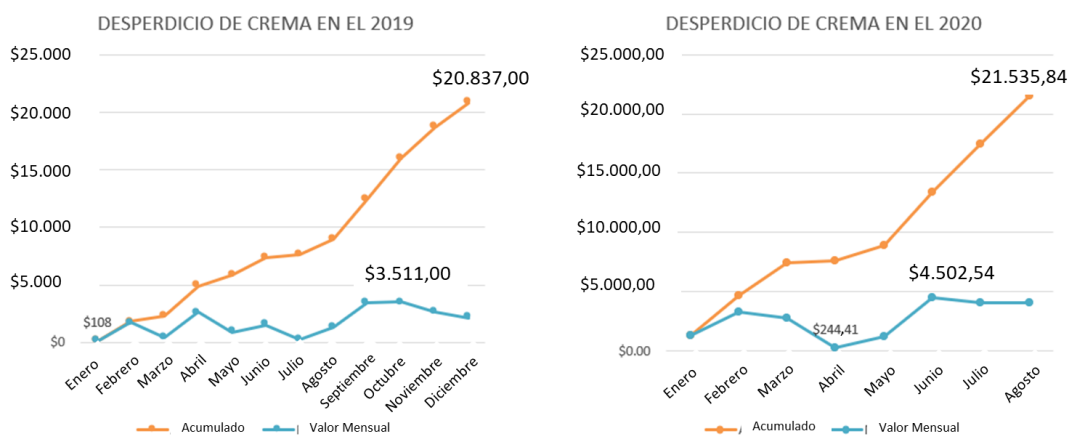


Figura 2.4 Comparativo del costo del desperdicio de Crema de 2019 vs 2020

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Se estableció el problema mediante una comparación del costo del desperdicio de crema generado en el año 2019 vs el costo del desperdicio de crema generado de enero hasta agosto del 2020 (Figura 2.4 y Tabla 2.2), obteniendo así que para el año 2019 con un volumen de producción de 682 toneladas se tuvo una pérdida monetaria de \$20.837,00 por desperdicio de crema, es decir que el desperdicio por tonelada es \$30,55/tonelada. Ahora para el segundo escenario, en el 2020, en el período ya mencionado, hubo un volumen de producción de 361 toneladas, con una pérdida monetaria de \$21.535,84, es decir que el desperdicio por tonelada es \$59,65/ tonelada.

Tabla 2.2 Comparación de datos de producción

Fuente: Elaboración propia
 Lily Rodríguez – Karla Tapia

	2019	Enero - Agosto 2020
Volumen Producido	682 toneladas	361 toneladas
Pérdida Monetaria por Desperdicio de Crema	\$20.837,00	\$21.535,84
Costo del desperdicio por Tonelada	\$ 30,55 / ton	\$ 59,65 / ton

De esta forma se definió el siguiente problema: *“El costo del desperdicio de crema en la Línea Extrusora de la Planta de Helados ha aumentado un 95,25%, el residuo de crema de 2019 fue de \$ 30,55 / ton y de enero a agosto de 2020 es de \$ 59,65 / ton”*.

2.2 Medición

2.2.1 Estratificación

La estratificación se basa en un balance de masa, que consiste en colocar un tacho rojo en cada estación de la línea donde se genera el desperdicio o en el caso de haber crema o producto que se pueda utilizar para retrabajo, un tacho amarillo. En la figura 2.5 se puede observar las estaciones de generación de desperdicio de la línea. Luego se tomó como punto de partida el volumen inicial de crema preparada, después

se recolectó el total de desperdicio, retrabajo y producto terminado generado a partir de la producción de todo el tanque, para de esta manera obtener el desperdicio no físico que también se genera en la línea.

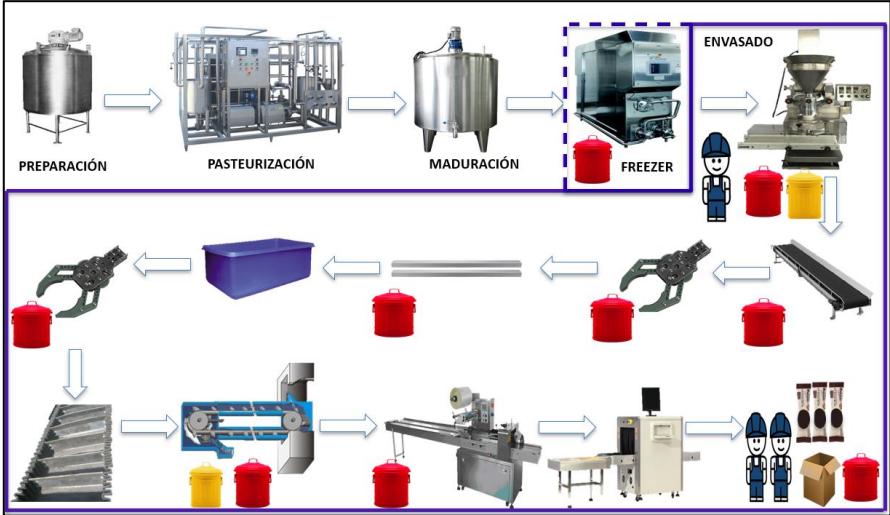


Figura 2.5 Puntos de desperdicio y retrabajo en la línea extrusora

Fuente: Elaboración propia
 Lily Rodríguez – Karla Tapia

Mediante la fórmula 2.2 se obtuvo el desperdicio no físico generado en la producción del tanque de 3.000 Kg. (2.2)

$$DNF = Vo - (RT + DF + PT)$$

- DNF: Desperdicio no físico
- Vo: Volumen inicial
- RT: Retrabajo
- DF: Desperdicio físico
- PT: Producto terminado

Así se obtuvo el resultado que se muestra en la Figura 2.6. Se puede observar que el desperdicio físico representa un 68% del desperdicio total, por lo cual el proyecto se va a enfocar en este punto.

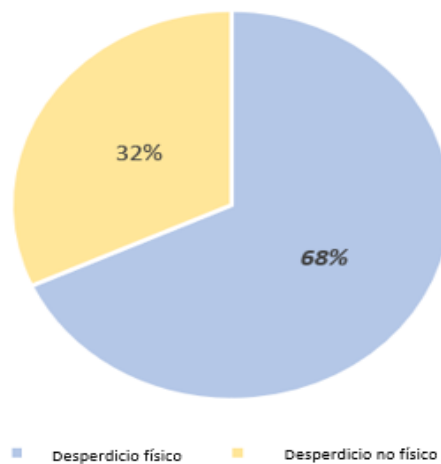


Figura 2.6 Estratificación del desperdicio en el balance de masa

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Luego, se procedió a realizar un diagrama de Pareto que se puede observar en la Figura 2.7, el cual fue realizado con el desperdicio obtenido en los diferentes puntos de la línea.

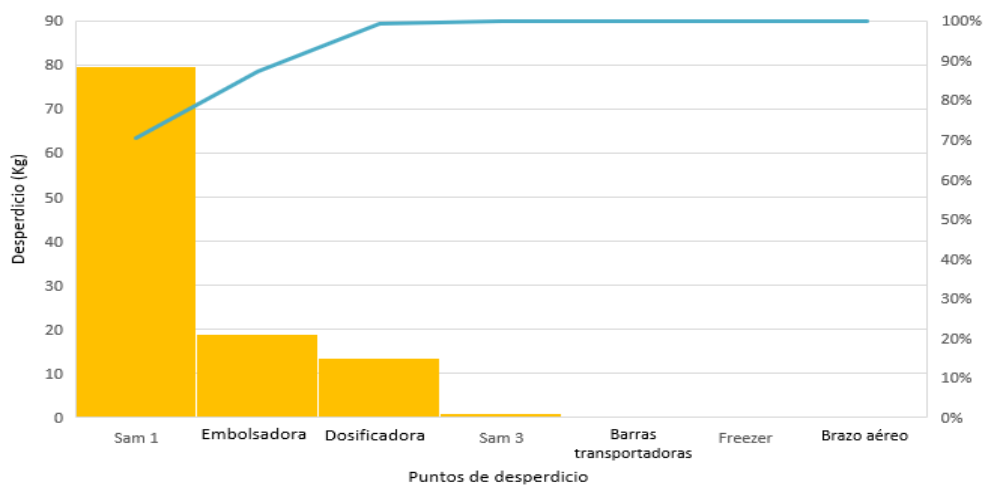


Figura 2.7 Estratificación del desperdicio físico

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Así se obtuvo que el SAM 1 y la embolsadora son los puntos donde se genera la mayor cantidad de desperdicio, representando el 87% del desperdicio físico. Por este motivo el enfoque de mejora se centrará en el desperdicio generado en estos dos puntos.

2.2.2 Fábricas ocultas

Luego de entender el proceso se pudo identificar las fábricas ocultas presentes en el proceso, obteniendo así lo siguiente:

- Cada calibración de la máquina se realiza a criterio del operador.
- La crema está siendo enviada a la línea con mayor overrun que el especificado en la hoja de control de proceso.
- Los operadores no pesan los tachos de desperdicio y registran un valor a su criterio.
- Los operadores no toman el overrun en taza en el tiempo indicado.
- No hay una hoja donde se puedan registrar los kilogramos de desperdicio por estación.
- A veces usan tachos de desperdicio (tachos rojos) en la dosificadora cuando deben usar tachos de retrabajo (tachos amarillos).

2.2.3 Plan de recolección de datos

Se utilizó el plan de recolección de datos para obtener la información necesaria que influye en la variable de respuesta, en este caso, la reducción de desperdicio. En la tabla 2.3 se encuentran las variables que afectan de manera directa e indirecta a la variable de respuesta ya mencionada; se especifican las unidades y el tipo de dato de cada variable, cuándo y dónde se deben recolectar los datos, el método de recolección y la persona encargada de tomar los datos, y también la razón por la cuál es necesario recolectar data de cada una de estas variables.

Tabla 2.3 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

¿QUÉ?				¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿CÓMO?		¿POR QUÉ?	¿QUIÉN?
Xi	Significado operacional	Unidad de medida	Tipo de dato	Para recolectar	Para medir	Método de observación	Método de recolección	Por qué recolectarlo	Persona encargada
X1	Porcentaje de overrun	Porcentaje	Cuantitativo	Inicio de la fase de medición	Dosificadora	Observación directa	Balanza	Conocer el porcentaje de aire que tiene la crema.	Lily
			Discreto						
X2	Peso de la crema de los helados	Gramos	Cuantitativo	En la fase de medición y al inicio de la fase de análisis	Dosificadora	Observación directa	Balanza	Para saber si el proceso está bajo control.	Karla
			Continuo						
X3	Número de helados son palillos	Helados	Cuantitativo		SAM 1	Observación directa	Cronómetro	Para saber cuánto desperdicio generan los helados sin palillos	Lily
			Discreto						
X4	Número de helados con palillos rotos	Helados	Cuantitativo		SAM 1	Observación directa	Cronómetro	Para saber cuánto desperdicio es generado por helados con palillos rotos	Karla
			Discreto						
X5	Número de veces que se atasca la palillera	Veces	Cuantitativo		SAM 1	Observación directa	Cronómetro	Porque cuando la palillera se atasca, se genera desperdicio de crema.	Lily
			Discreto						
X6	Número de helados que el SAM 1 bota	Helados	Cuantitativo		SAM 1	Observación directa	Cronómetro	Saber cuánto desperdicio se genera por los helados fuera de posición y los que no tienen el palito centrado.	Karla
			Discreto						
X7	Número de veces que la película se sale de la embolsadora	Veces	Cuantitativo	Embolsadora	Observación directa	Cronómetro	Porque cuando la película se sale de la guía de la embolsadora se genera mucho desperdicio.	Lily	
			Discreto						

Se pesaron 32 helados para determinar si el proceso de dosificación de crema está o no en control, para lo cual se realizó una gráfica de control y un informe de capacidad, obteniendo así los siguientes resultados:

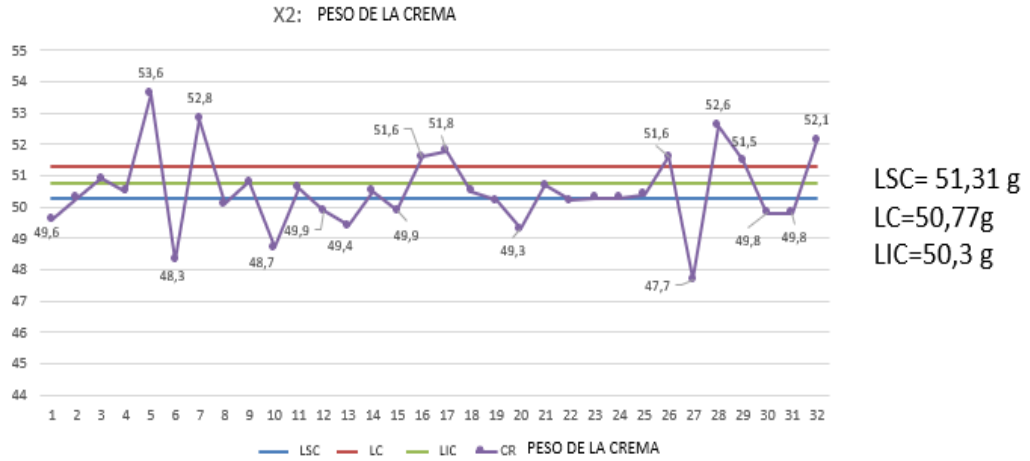


Figura 2.8 Gráfica de control del peso de la crema

Fuente: Elaboración propia
 Lily Rodríguez – Karla Tapia

La Figura 2.8 muestra el control del peso de la crema, se tiene que el límite superior debe ser de 51,10 g y el límite inferior debe ser de 50,30 g, al observar la figura claramente se puede evidenciar que el proceso está fuera de control.

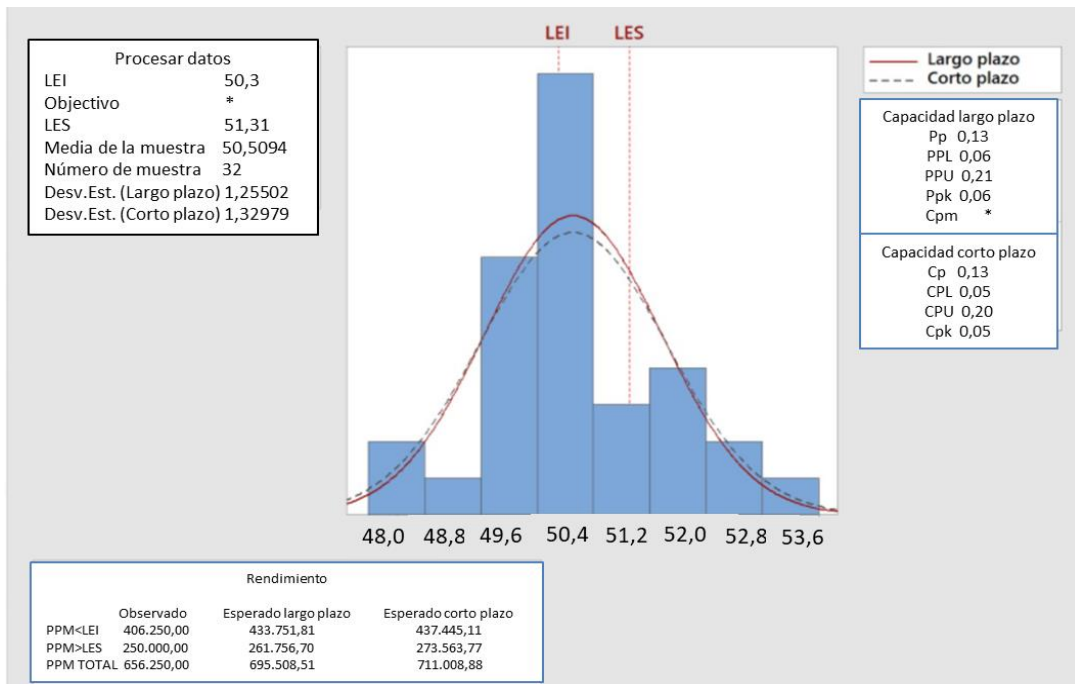


Figura 2.9 Informe de capacidad del peso de la crema

Fuente: Elaboración propia
 Lily Rodríguez – Karla Tapia

La Figura 2.9 muestra el informe de capacidad del peso de la crema, como se puede observar el valor de Cp es menor a 0,67, lo cual significa que el proceso en cuestión no es capaz.

Se realizó lo mismo para determinar si el proceso de overrun está o no en control, para lo cual se realizó la gráfica de control y se puede evidenciar en la Figura 2.10 que el proceso está fuera de control, porque el overrun registrado está por encima del límite superior que es de 67%.

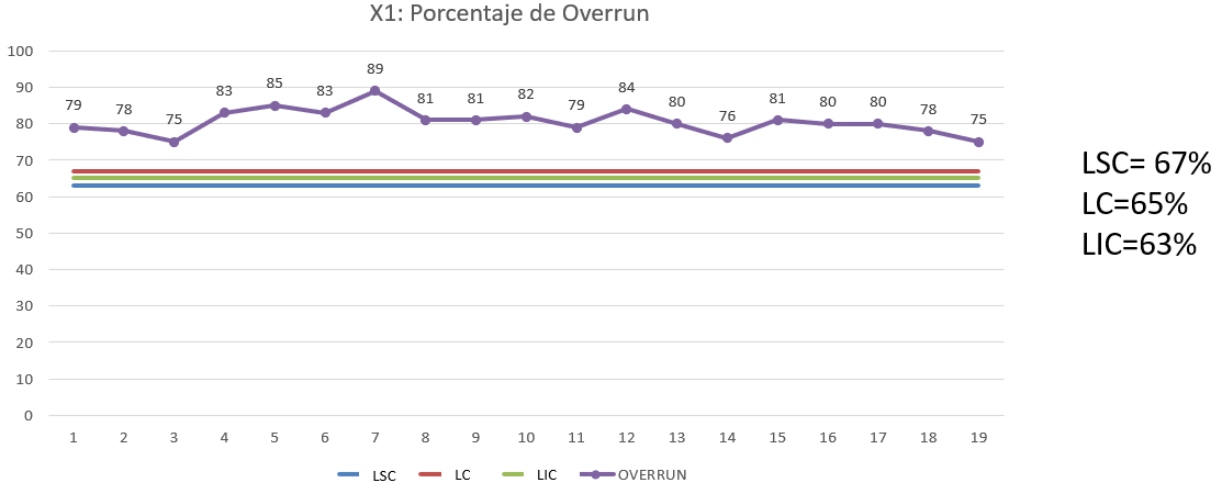


Figura 2.10 Gráfica de control del porcentaje de Overrun

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Así mismo se realizó el informe de la capacidad del proceso de overrun (Figura 2.11) y se obtuvo que el proceso no es capaz ya que el Cp es menor a 0,67, sin embargo, el informe muestra que el proceso tiene un gran potencial, debido a que hay poca variabilidad.

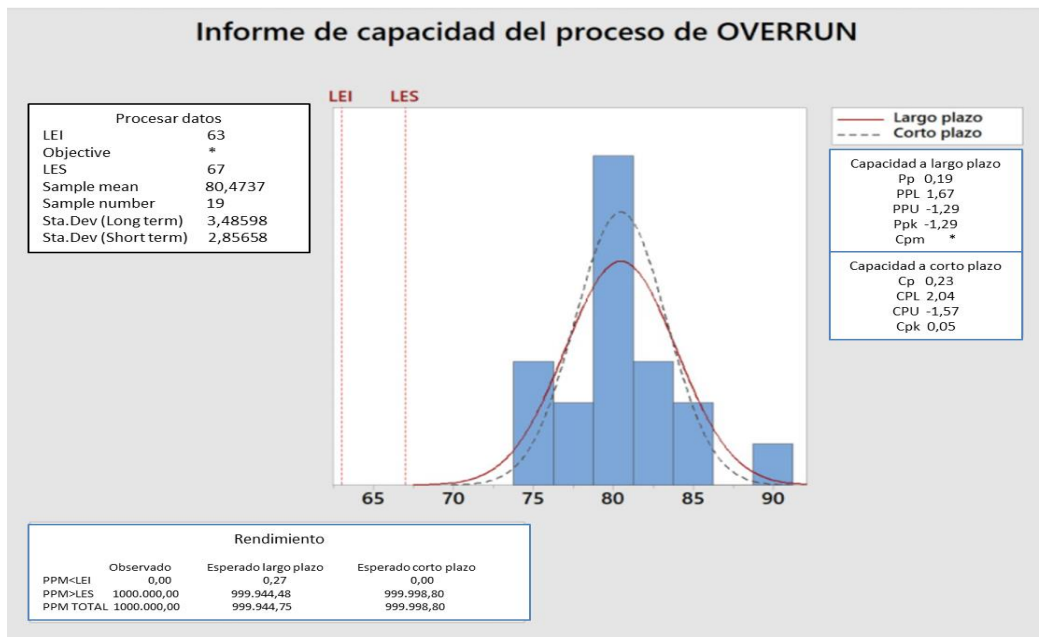


Figura 2.11 Informe de capacidad del Overrun

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

2.3 Análisis

2.3.1 Diagrama de Ishikawa

Para la etapa de análisis de la metodología DMAIC, se inició con una lluvia de ideas en la cual participó el equipo de Mantenimiento, el equipo de Procesos y el Gerente de Manufactura. El objetivo al aplicar esta herramienta fue el encontrar las posibles causas vinculadas con los dos nuevos problemas enfocados:

- El desperdicio de crema generado en el SAM 1.
- El desperdicio de crema generado en la embolsadora.

En las Figuras 2.12 y 2.13 se puede apreciar que dichas causas se colocaron en diagramas de Ishikawa y fueron agrupadas considerando las siguientes categorías:

- Material
- Máquina
- Método
- Mano de Obra

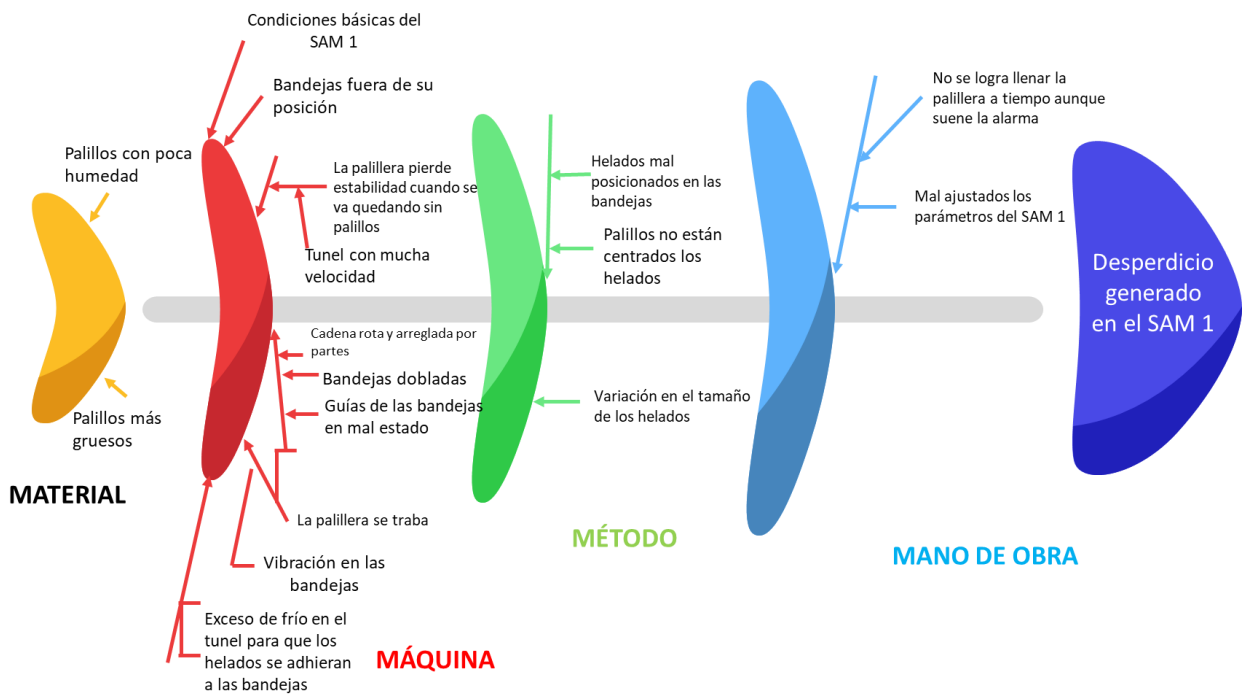


Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa de la variable Y1

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

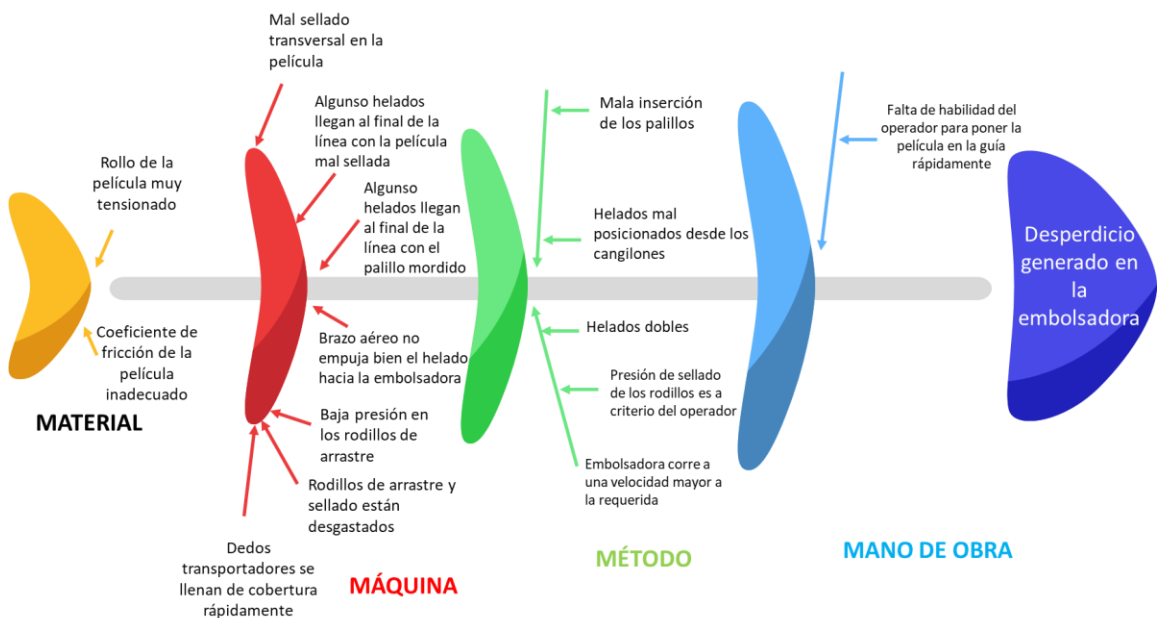


Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa de la variable Y2

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

2.3.2 Matriz Causa - Efecto

Las causas identificadas fueron enlistadas y colocadas en una matriz causa - efecto para que los operadores pudieran calificar cada una de ellas según la importancia e impacto en la variable de salida, es decir, en el desperdicio por tonelada. En la figura 2.14 se puede observar a un operador de mantenimiento evaluando las causas.



Figura 2.14 Operador evaluando las causas

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Se realizó una matriz para cada problema enfocado, para el de “desperdicio de crema generado en el SAM 1” (Tabla 2.4) se contó con un total de 30 causas. Luego de la evaluación se identificaron 8 causas como la más relevantes ya que estas obtuvieron una calificación de 27 puntos.

Tabla 2.4 Matriz Causa - Efecto de la variable Y1

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Y: Desperdicio de Crema por Tonelada						
Y1: Desperdicio de Crema generado en el SAM 1						
Causas Potenciales	Puntaje de Importancia sobre la variable de salida			Impacto		
	Operador N° 1	Operador N° 2	Operador N° 3			
4	La palillera se traba	9	9	9	27	
7	La línea de aire no tiene una abertura definida	9	9	9	27	
14	Inspección y mantenimiento de guías poco frecuente	9	9	9	27	
21	Muchos helados salen movidos del túnel durante el warm-up	9	9	9	27	
27	Los helados vienen sin palillos	9	9	9	27	
28	SAM 1 no agarra los helados	9	9	9	27	
29	SAM 1 rompe los palillos	9	9	9	27	
30	SAM 1 bota los helados	9	9	9	27	
1	Hay bandejas dobladas	9	3	9	21	
2	Hay bandejas fuera de posición	9	3	9	21	
3	Las guías de las bandejas en el túnel están dañadas	9	3	9	21	
5	La palillera pierde estabilidad al quedarse sin palillos	9	9	3	21	
6	Las pinzas del SAM 1 están en malas condiciones	9	3	9	21	
10	No hay una línea central para la posición de la palillera	3	9	9	21	
11	Enderezamiento de las bandejas poco frecuente	9	9	3	21	
12	Los helados vienen montados	3	9	9	21	
13	Variación en el volumen del helado	3	9	9	21	
23	Mucha vibración en las bandejas	3	9	9	21	
25	Hay mucho hielo en las bandejas al salir del túnel	9	9	3	21	
15	La cadena está rota y solo es arreglada por partes	9	1	9	19	
18	No hay una línea central para la posición de la dosificadora	3	3	9	15	
17	Los helados salen movidos en las bandejas	3	1	9	13	
9	La cadena está sobre lubricada	1	1	9	11	
16	Los palillos no están centrados en los helados	1	3	3	7	
19	Los helados no están correctamente posicionados	3	1	3	7	
26	La velocidad en el túnel es muy alta	3	1	3	7	
20	Mal ajuste en los parámetros del SAM 1	1	3	1	5	
8	Mala lubricación en la cadena de las bandejas	1	1	1	3	
22	No se rellena la palillera a tiempo	1	1	1	3	
24	Falta de frío para que los helados se adhieran a la bandeja	1	1	1	3	

Para el segundo problema, “desperdicio de crema generado en la embolsadora” (Tabla 2.5) se contó con un total de 23 causas, posterior a la evaluación realizada por los operadores se seleccionaron 7 causas que eran las más relevantes.

Tabla 2.5 Matriz Causa - Efecto de la variable Y2

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Y: Desperdicio de Crema por Tonelada					
Y2: Desperdicio de Crema generado en la embolsadora					
Causas potenciales	Puntaje de Importancia sobre la variable de salida			Impacto	
	Operador N° 1	Operador N° 2	Operador N° 3		
6	Helados con aderezo hacen que se ensucie rápidamente la embolsadora	9	9	9	27
7	No se ha planificado limpiezas de la embolsadora para un mismo SKU	9	9	9	27
8	Habilidad de los operados para colocar la película	9	9	9	27
11	No hay una línea central para bajar la cadena de arrastre en la embolsadora	9	9	9	27
19	Los operadores no se dan cuenta cuando la película se sale de las guías	9	9	9	27
22	La película se sale de las guías	9	9	9	27
23	Los helados están mal embolsados	9	9	9	27
1	La película está muy apretada en la embolsadora	9	3	9	21
3	Los helados vienen mal posicionados	9	3	9	21
4	Los helados vienen montados	3	9	9	21
13	El brazo aéreo no empuja correctamente los helados hacia la embolsadora	9	3	9	21
18	Los tachos de desperdicio son muy pequeños	9	3	9	21
15	La velocidad de la embolsadora es muy alta	1	9	9	19
16	No se logra atender todos los problemas de la línea cuando se para la embolsadora	9	9	1	19
2	Las guías de la película son cortas	3	3	9	15
5	Baja presión en los rollos de sellado de la película	3	1	3	7
10	La embolsadora muerde el palillo del helado	3	1	3	7
21	La embolsadora se queda sin película	1	3	3	7
14	Mal sellado transversal de la película	1	1	3	5
17	Posiciones de los tachos de desperdicio	3	1	1	5
20	Malas condiciones de las bobinas de la película	3	1	1	5
9	Mal enrollado de la película	1	1	1	3
12	Palillos insertados incorrectamente	1	1	1	3

2.3.3 Matriz Impacto - Control

Se utilizó la matriz Impacto – Control (figura 2.15) para identificar cuáles de las causas significativas, seleccionadas mediante la matriz Causa – Efecto, son aquellas que generan un mayor impacto sobre la variable de salida y a su vez implican un bajo nivel de esfuerzo en el control de estas.

Las causas que se analizan en esta matriz para el problema “desperdicio de crema generado en el SAM 1” son:

- N° 4. La palillera se traba.
- N° 7. La línea de aire no tiene una abertura definida.
- N° 14. Inspección y mantenimiento de guías poco frecuente.
- N° 21. Muchos helados salen movidos del túnel durante el warm-up.
- N° 27. Los helados vienen sin palillos.
- N° 28. El SAM 1 no agarra los helados.
- N° 29. El SAM 1 rompe los palillos.
- N° 30. El SAM 1 bota los helados.



Figura 2.15 Matriz Impacto - Control de la variable Y1

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Luego se priorizaron las causas ubicadas en la zona verde ya que se considera que generarán un alto impacto sobre la variable de salida Y1 y que a su vez son de fácil control.

Para el problema “desperdicio de crema generado en la embolsadora”, se realizó también la matriz impacto-control (figura 2.16) en donde las causas seleccionadas fueron:

- N° 6. Helados con aderezo hacen que se ensucie rápidamente la embolsadora.
- N° 7. No se ha planificado limpiezas de la embolsadora para un mismo SKU.
- N° 8. Habilidad de los operadores para colocar la película.
- N° 11. No hay una línea central para bajar la cadena de arrastre en la embolsadora.
- N° 19. Los operadores no se dan cuenta cuando la película se sale de las guías.
- N° 22. La película se sale de las guías.
- N° 23. Los helados están mal embolsados.

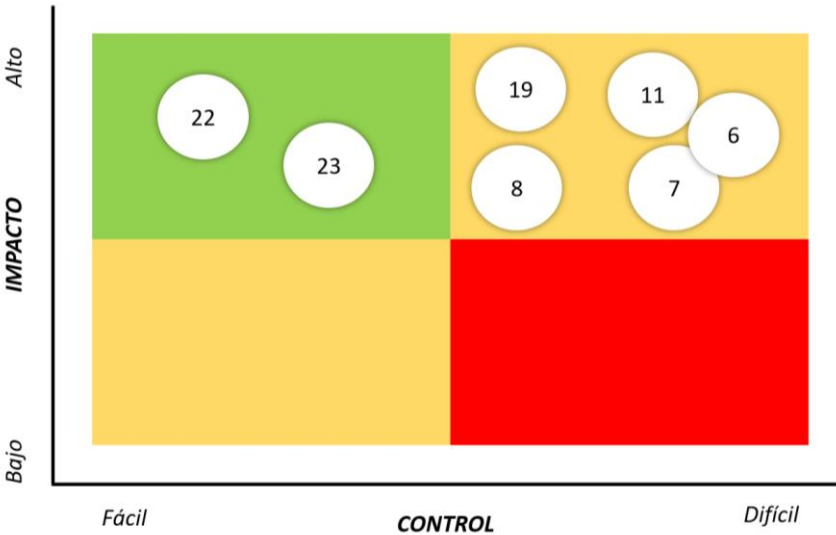


Figura 2.16 Matriz Causa - Control de la variable Y2

Fuente: Elaboración propia
 Lily Rodríguez – Karla Tapia

De esta manera, se puede observar en la Figura 2.16 que las causas a priorizar son la N° 22 y N° 23.

2.3.4 Plan de Verificación de Causas

Se planteó el plan de verificación de causas que se muestra en la tabla 2.6, en el que su objetivo es enlistar las causas potenciales, detallar la teoría de cómo cada una de ellas impacta en la variable de salida y la manera de verificar si esta teoría es cierta o no.

Tabla 2.6 Plan de Verificación de Causas

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

	N°	Causas Potenciales	Teoría del Impacto	Cómo verificarlo	Estado
SAM 1	27	Los helados vienen sin palillos.	Si los helados vienen sin palillo, el SAM 1 no puede agarrarlos y van a desperdicio.	GEMBA Observación Directa	Confirmado
	28	El SAM 1 no agarra los helados.	Si los helados no están en la posición correcta, el SAM 1 no los puede coger y van a desperdicio.	GEMBA Observación Directa	Confirmado
	29	El SAM 1 rompe los palillos.	Si el SAM 1 rompe los palillos el helado se cae y va a desperdicio.	GEMBA Observación Directa	Confirmado
	30	El SAM 1 bota los helados.	Si el SAM 1 coge los helados y luego los deja caer van a desperdicio.	GEMBA Observación Directa	No Confirmado
Embolsadora	22	La película se sale de las guías.	Cuando se sale la película los helados caen al suelo y se convierte en desperdicio	GEMBA Observación Directa	Confirmado
	23	Los helados están mal embolsados.	Cuando un helado está mal embolsado, se tiene que abrir la funda y el helado se lo tira en el tacho de desperdicio.	GEMBA Observación Directa	Confirmado

2.3.5 Verificación de Causas

X27: Los helados vienen sin palillos.

Una de las hipótesis a confirmar era que el desperdicio se genera por helados que no tenían palillos insertados, ya que en caso de que sucediera, el SAM 1 no podría tomarlos y se irían directamente al tacho de desperdicio. Así que se acudió al GEMBA y por observación directa se confirmó que habían helados sin palillos tal como se observa en la Figura 2.17, cabe recalcar que esto sucedía cuando la palillera se quedaba sin palillos o se trababa, lo cual sucedía usualmente.



Figura 2.17 Helados sin palillos

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

X28: El SAM 1 no agarra los helados.

Otra causa por verificar era si el SAM 1 no agarraba los helados, lo cual se afirmó al ir al GEMBA y notar cómo helados en correctas condiciones no lograban ser agarrados por el SAM 1, lo cual hacía que continuaran en la banda transportadora hasta caer en el tacho de desperdicio, tal como se observa en la Figura 2.18.



Figura 2.18 Helados con palillos en el tacho de desperdicio

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

X29: El SAM 1 rompe los palillos.

La siguiente causa por verificar era si el SAM 1 rompe los palillos, esto se confirmó observando directamente en la línea de producción como los helados caían del SAM 1 con el palillo roto (Figura 2.19). Otra situación que se presentaba era que cuando el SAM 1 quería agarrar los palillos, estos se rompían enseguida y con mucha facilidad. En ambos casos, los helados no continuaban el proceso productivo, sino que se dirigían al tacho de desperdicio.



Figura 2.19 Helados con palillos rotos

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

X30: El SAM 1 bota los helados.

Esta causa se refería al caso en el que el SAM 1 cogía el helado y lo dejaba caer mientras lo transportaba, sin incurrir en la rotura de palillo. Sin embargo, al ir al GEMBA a verificar esta causa, no se observó en ningún momento que ocurriera esta situación (Figura 2.20). Por lo tanto, se descarta que esta sea una causa del desperdicio de crema generado en el SAM 1.



Figura 2.20 Ausencia de helados caídos

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

X22: La película se sale de las guías.

La primera causa por verificar vinculada con la embolsadora fue si la película se sale de las guías, ya que al suceder esto los helados no ingresan en la película, no son embolsados y caen al piso convirtiéndose en desperdicio. Como se aprecia en la Figura 2.21, se validó la ocurrencia de esta causa yendo a la línea Extrusora y observando cómo se presenta este inconveniente en la embolsadora.



Figura 2.21 Película fuera de las guías

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

X23: Los helados están mal embolsados.

La última causa por verificar fue si los helados están mal embolsados. Al final de la línea se pudo observar que sí hay helados que salen mal embolsados (Figura 2.22), donde la película no se sella generando una funda con más de un helado. Cuando esto ocurre, los operadores deben abrir la funda y retirar los helados. Dado que los operadores tocan los helados al retirarlos, estos ya no pueden ser comercializados ni pasar por un reproceso para volverlo óptimo para el consumo; de esta manera estos helados deben ser colocados en los tachos de desperdicio.



Figura 2.22 Helados mal embolsados

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

2.3.6 Cinco Por qué

De la verificación de causas se obtuvo que cinco de ellas eran posibles causas, de esta manera se procedió a analizarlas mediante la herramienta cinco por qué (tabla 2.7) con el objetivo de encontrar las causas raíz de los problemas enfocados planteados previamente. En la tabla se observan los resultados:

Tabla 2.7 Aplicación de la herramienta Cinco Por qué

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Causa Potencial	Proceso 5 Por qué				
Los helados vienen sin palillos	¿Por qué?	La máquina se traba frecuentemente	¿Por qué?	La máquina tiene rebaba de los palillos	
				Los palillos no cumplen con las especificaciones	
El SAM 1 no agarra los helados	¿Por qué?	Los palillos no están centrados	¿Por qué?	Los helados tienen mucho aire	
				Los helados tienen mucho volumen o poco volumen	
		Las pinzas no son precisas		¿Por qué?	Las bandejas están dobladas
El helado no está centrado					
El SAM 1 rompe los palillos	¿Por qué?	El palillo no está centrado	¿Por qué?	Los helados tienen mucho aire	
				Los helados tienen mucho volumen o poco volumen	
		Los palillos no cumplen con las especificaciones			
La película se sale de las guías	¿Por qué?	Porque los helados vienen mal dirigidos desde el brazo aéreo	¿Por qué?	La cadena del brazo aéreo no está en buenas condiciones	
		Los helados que vienen desde el brazo aéreo saltan	¿Por qué?	Las guías tienen mucha cobertura	
Helados mal embolsados	¿Por qué?	Algunas partes de la embolsadora están deterioradas			

Como resultado se obtuvieron 9 causas raíz, a partir de ellas se propondrán soluciones diseñadas específicamente para eliminar estas causas que generan los problemas enfocados y que a su vez están fuertemente relacionados con el problema general definido inicialmente.

2.4 Mejora

Para establecer las soluciones a las causas raíz que se están dando tanto en el SAM 1 como en la embolsadora, se procedió a realizar una matriz de impacto-esfuerzo como se puede observar en la Figura 2.23. Las soluciones que se propuso son las siguientes:

1. Regresar al SAM 1 a sus condiciones iniciales
2. Setear el freezer con los parámetros correctos
3. Limpiar la palillera y utilizar palillos con el grosor de acuerdo con las especificaciones
4. Enderezar las bandejas transportadoras de helados
5. Cambiar la cadena de las bandejas transportadoras de helados
6. Cambiar el nivel del sensor en la palillera

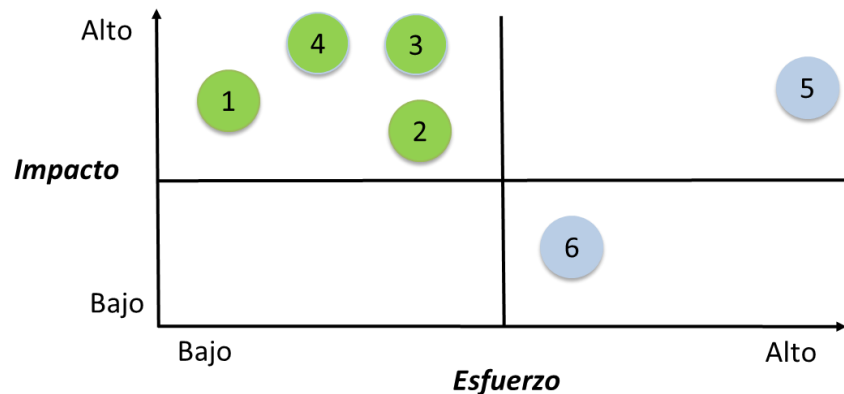


Figura 2.23 Matriz esfuerzo-impacto de soluciones para el SAM 1

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

De acuerdo con la Figura 2.23 las soluciones que causarán un impacto alto con un esfuerzo bajo son las siguientes:

1. Regresar al SAM 1 a sus condiciones iniciales
2. Setear el freezer con los parámetros correctos
3. Limpiar la palillera y utilizar palillos con el grosor de acuerdo a las especificaciones
4. Enderezar las bandejas transportadoras de helados

Así mismo para el sistema de la embolsadora, se realizó una matriz de impacto-esfuerzo como se muestra en la Figura 2.24 con las soluciones propuestas a continuación:

1. Ajustar la cadena del brazo aéreo
2. Mantenimiento en la embolsadora
3. Incluir limpieza de la embolsadora y cangilones antes de cada turno
4. Restablecer la temperatura a la que debe estar la cobertura

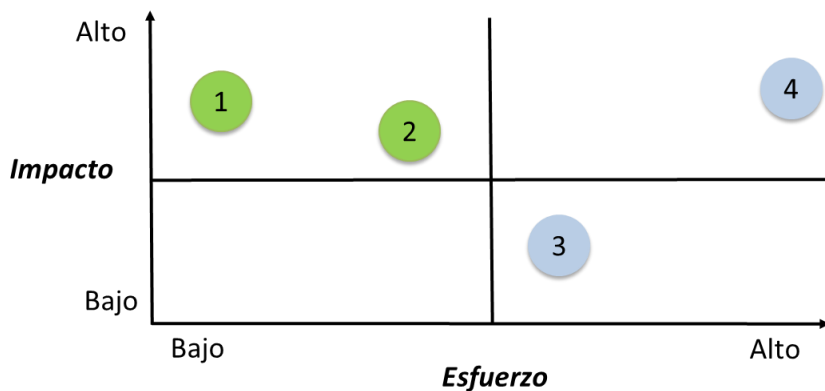


Figura 2.24 Matriz esfuerzo-impacto de soluciones para la embolsadora

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Como se puede observar en la Figura 2.24 las soluciones propuestas con impacto alto y esfuerzo bajo son las siguientes:

1. Ajustar la cadena del brazo aéreo
2. Mantenimiento en la embolsadora

Luego de encontrar las causas raíz para el sistema SAM 1 y embolsadora, se presenta a continuación la relación entre cada causa raíz con cada solución propuesta en la Figura 2.25

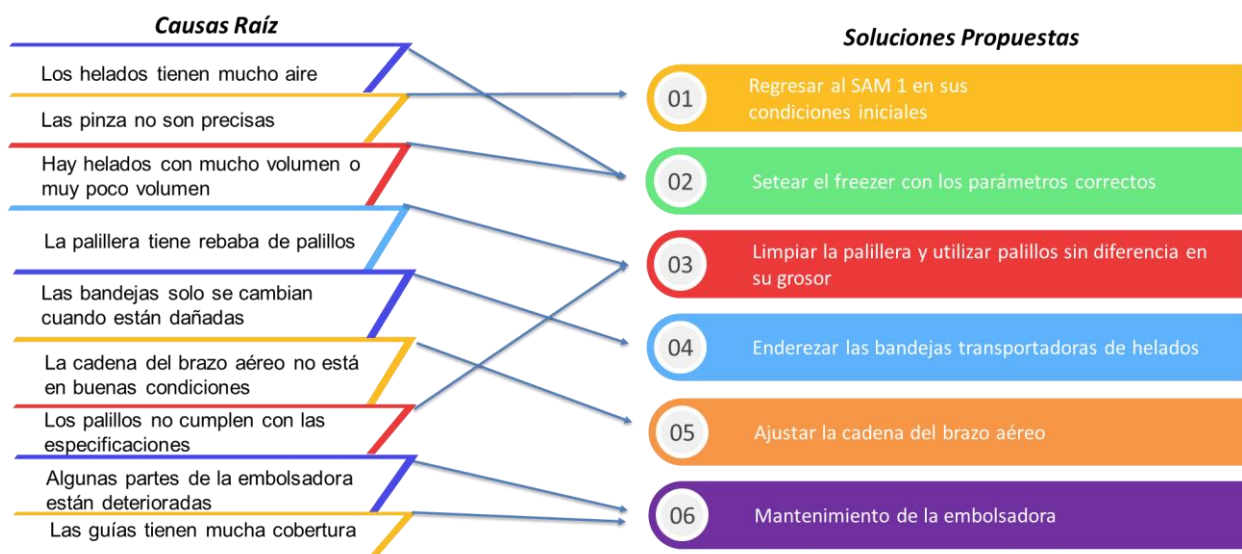


Figura 2.25 Relación entre causas raíz y soluciones propuestas

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

2.4.1 Implementación

De las soluciones propuestas se realizó implementaciones para los sistemas SAM 1 y embolsadora.

Para el SAM 1 se ajustaron las pinzas a la apertura correcta según los parámetros ya establecidos, ya que, al realizar la evaluación de las pinzas, se evidenció que 5 de las 6 estaban afuera de los parámetros. Esta acción fue realizada el 10 de enero del 2021. En la tabla 2.8 se puede observar el parámetro y la apertura que tenían las pinzas antes de regresarlas a sus condiciones básica y la fecha en la que se realizó esta actividad.

Tabla 2.8 Parámetros y estado de las pinzas del SAM 1

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

N.	Componente	Parámetro	Antes	Estado
1	Pinza #1	60 ±1 mm	54 ±1 mm	Completado 01/10/2021
2	Pinza #2	60 ±1 mm	69 ±1 mm	Completado 01/10/2021
3	Pinza #3	60 ±1 mm	63 ±1 mm	Completado 01/10/2021
4	Pinza #4	60 ±1 mm	63 ±1 mm	Completado 01/10/2021
5	Pinza #5	60 ±1 mm	59 ±1 mm	Completado 01/10/2021

La segunda solución implementada fue ingresar y demostrar a los operadores que el freezer puede trabajar con los parámetros establecidos en la hoja de control del proceso. Ya que cuando se quiso entender la razón por la cual ellos no utilizaban los parámetros, no se encontró un argumento válido para esta acción. Además, se tomó una muestra de 30 datos para determinar la variabilidad del proceso. En la tabla 2.9 se puede observar un resumen de los datos obtenidos, teniendo así el flujo de entrada de la crema, el overrun y el flujo de salida de la crema, con sus valores mínimos, máximos, media y desviación.

Tabla 2.9 Resumen de las condiciones iniciales de los parámetros ingresados en el freezer

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

	Entrada de crema	Overrun		Salida de crema
	(L/H)	%	(L/H)	(L/H)
Mínimo	210,00	85,00	182,00	390,00
Máximo	236,00	89,00	220,00	442,00
Media	220,30	86,77	191,37	409,37
Desviación	7,18	0,90	8,17	12,68

Después de ingresar correctamente los parámetros en el freezer, se pudo seguir evidenciando una variabilidad, como se puede observar en la tabla 2.10 en la fila de desviación para cada uno de los parámetros. Además, se observó una variación en el volumen de los helados como se muestra en la Figura 2.26 y 2.27. Esta variación de volumen influye en que el palillo al momento de ser insertado, no se coloque en el centro del helado, lo cual provoca problemas en el SAM 1 porque este no será capaz de agarrarlo o lo rompe.

Tabla 2.10 Resumen de las condiciones del freezer al ingresar los parámetros correctos

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

	Entrada de crema	Overrun		Salida de crema
	(L/H)	%	(L/H)	(L/H)
Mínimo	213,00	64,00	140,00	349,00
Máximo	228,00	67,00	149,00	371,00
Media	220,37	65,60	144,43	363,93
Desviación	3,53	0,86	2,22	5,64



Figura 2.26 Helado con disminución en el grosor por variación de volumen en la dosificación

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia



Figura 2.27 Helado con aumento de grosor por variación de volumen en la dosificación del helado

Fuente: Elaboración propia
Lily Rodríguez – Karla Tapia

Con estos resultados se decidió a hacer una intervención en el freezer, para corroborar si existía algún parámetro dentro de este que se encontrara descalibrado o en mala condición; luego de esta inspección se determinó que la apertura de la válvula para la entrada de la crema se había movido de la posición correcta debido a la vibración natural que ocurre durante las corridas de la producción. De esta manera, con la válvula funcionando con su apertura correcta y con los parámetros en el freezer colocados

correctamente, se evidenció que los helados presentaban poca variabilidad en su volumen y que los palillos estaban siendo ingresados en el centro del helado (figura 2.28). En la tabla 2.11 se muestra un resumen de cada parámetro con el valor mínimo, máximo, media y desviación de una nueva muestra que se tomó para evidenciar que el freezer estaba trabajando correctamente.

Tabla 2.11 Resumen de las condiciones del freezer y variabilidad en el proceso

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

	Entrada de crema	Overrun		Salida de crema
	(L/H)	%	(L/H)	(L/H)
Mínimo	218,00	65,00	141,00	356,00
Máximo	223,00	67,00	147,00	368,00
Media	220,10	65,57	144,27	364,20
Desviación	1,06	0,57	1,31	2,37



Figura 2.28 Helado sin variación de volumen y con palillo centrado

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Además, se realizó un análisis de capacidad (figura 2.29) y se determinó que luego de los cambios realizados el proceso es capaz.

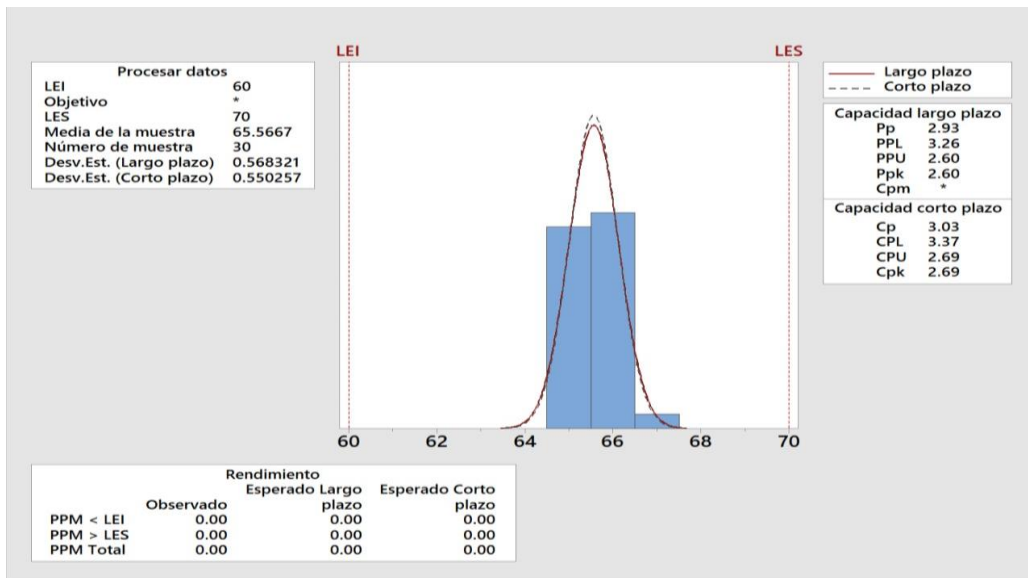


Figura 2.29 Análisis de capacidad de Overrun

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Para la tercera solución la acción a realizar fue la limpieza de la palillera con la intención que esto ayude a que los palillos no se atasquen al colocar los palillos en el helado, sin embargo, se evidenció que esto seguía ocurriendo, por lo cual se procedió a revisar los palillos que se atascaban.

Como se puede observar en la Figura 2.30 se evidencia claramente que existe una variación en el grosor de los palillos.



Figura 2.30 Palillos con variación en el grosor

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Se procedió a contactar al proveedor para poder utilizar un lote donde los palillos no tuvieran una variación en su grosor (Figura 2.31), obteniendo así una mejora inmediata en el desperdicio generado en esa estación.



Figura 2.31 Palillos sin variación en el grosor

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

La cuarta solución implementada fue el enderezamiento de las bandejas, como se puede observar en la Figura 2.32 algunas bandejas que transportan el helado hacia el túnel de congelamiento estaban dobladas, lo cual provocaba que los helados no se encuentren en la posición óptima para poder ser agarrados por el SAM 1, generando así un desperdicio en ese punto. En la Figura 2.33 se puede observar un ejemplo de una bandeja enderezada, que es la condición inicial y óptima para que los helados que se encuentren en esta puedan ser agarrados por el SAM 1.



Figura 2.32 Bandeja transportadora de helados doblada

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

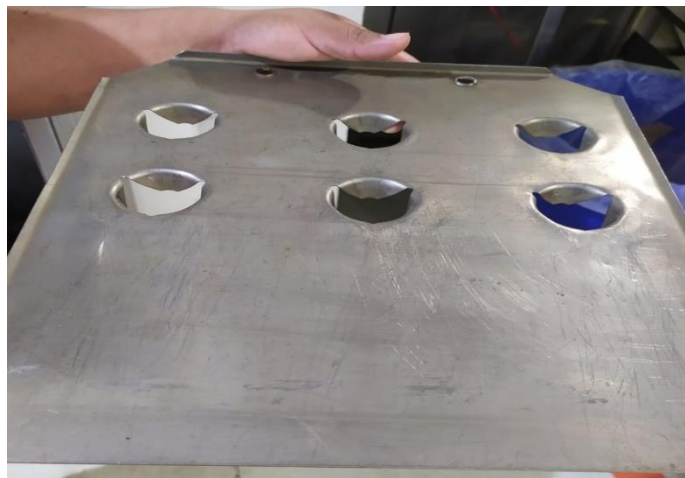


Figura 2.33 Bandeja transportadora de helados enderezada

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Para la quinta implementación, se realizó el ajuste de la cadena del brazo aéreo, esto con el fin de que los helados que ingresaran a la embolsadora estén en la posición correcta para que la lámina no se salga y no se genere desperdicio. En la tabla 2.12 se muestra un resumen del estado de la cadena del brazo aéreo antes de la implementación, con su parámetro, condición inicial y la fecha en que se realizó esta actividad.

Tabla 2.12 Estado de la cadena del brazo aéreo antes de la implementación

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

N.	Componente	Parámetro	Antes	Estado
1	Cadena	Correctamente ajustada	Cadena colgada	Completado 01/17/2021
2	Cadena	No estirada	Un poco elongada	Completado 01/17/2021

Para la sexta implementación se procedió a realizar el mantenimiento en la embolsadora; al hacer la revisión en este sistema se encontró lo que está detallado en la tabla 2.13 que muestra el estado en el que se encontró la embolsadora, su condición inicial y la fecha en la que se realizó la implementación.

Esto fue con el fin de que además que la lámina no se saliera, los helados se embolsen correctamente, sin embargo, quedó una actividad pendiente, la cual se realizará el 31 de enero del 2021, esta fecha queda fuera del tiempo de duración del proyecto, por este motivo no se podrán mostrar los resultados obtenidos.

Tabla 2.13 Estado de la embolsadora antes de la implementación

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

N.	Componente	Parámetro	Antes	Estado
1	Porta rollos	Limpio y en buen estado	Con residuos de tinta	Completado 01/17/2021
2	Mangueras neumáticas # 6 y # 8	Sin fugas de aire, divididas o quemadas	Se evidenciaron 2 fugas de aire en mangueras neumáticas, la # 6 estaba dividida	Completado 01/17/2021
3	Hoja de corte transversal	Correctamente alineado y ajustado	Las cuchillas están ligeramente desalineadas	Planeado para: 01/31/2021

2.5 Control

Algo muy importante luego de realizar las implementaciones es tener un plan de control, el cual servirá para que los problemas que ya se presentaron anteriormente no vuelvan a ocurrir. En la tabla 2.14 se presenta el plan de control de las soluciones propuestas anteriormente. Para cada una de ellas se especifican las personas responsables, el motivo por el cual se debe realizar esta actividad, cómo se lo debe hacer, cuándo, el lugar y la frecuencia requerida.

Por ejemplo, para calibrar el SAM 1 y regresarlo a sus condiciones básicas, la persona encargada de realizar esta actividad es el equipo de mantenimiento, la razón es porque si las pinzas no tienen la apertura adecuada, no van a agarrar los helados por el palillo o en su defecto, lo va a romper; para que esta actividad se lleve a cabo se la deberá incluir en el plan de mantenimiento preventivo para que sea realizado cada mes.

Además, se logró que ya tengan un control en la limpieza de la palillera que será realizada cada semana antes del inicio de la producción, en la figura 2.34 se puede observar en el cuadro señalado la inclusión de esta actividad.

LÍNEA EXTRUSORA - ACTIVIDADES DE LILA HOJA 1 DE 1																			
Fecha creación/act: 09-16		# Rev: 1.1																	
SISTEMA	COMPONENTE	PUNTO #	ACTIVIDAD	DOC. (LUP/ISO C)	FRECUENCIA	TIEMPO (min) EN ENCENDIDO	TIEMPO (min) APAGADO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	Enchafetado de la olla, línea de baño y bandeja recolectora.	34	Enchafetado de la olla, línea de baño y bandeja recolectora.	N/A	Semanal		10												
	Dosificador de Almendra	35	Inspección visual de los orring de los teflones del dosificador.	N/A	Semanal		6												
	Bomba Mix	36	Inspección visual de los filtros reguladores de aire.	N/A	Semanal		5												
	Video Jet	37	Limpieza e inspección del cabezal.	N/A	Semanal		10												
	Selladora de Cajas	38	Inspección de bandas por desgastes o deterioro.	N/A	Mensual		5												
	Guardas superior de cables	39	Limpieza por acumulación de polvo.	N/A	semanal		10												
	rayos x	40	Limpieza por acumulación de polvo.	N/A	semanal														
	Sistema de palillera	41	Limpieza de rebabas y suciedad previo a los arranques	n/a	semanal														
	SAM #1	42	calibración de pinzas 60 mm usando galga	SI	Quincenal														

Figura 2.34 Inclusión de la limpieza de la palillera

Fuente: LILA de la línea extrusora

Tabla 2.14 Plan de control

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Proyecto: Reducción del desperdicio de crema en el proceso de producción de un helado extruido			Líderes del proyecto: Karla Tapia, Lily Rodríguez			
			Fecha: 28/01/2021			
¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿QUÉ TANTO?
Calibración del SAM 1	Equipo de mantenimiento	Para que las pinzas tomen el helado con los palillos correctamente centrados	Incluir la calibración en el plan de mantenimiento preventivo	Cada mes	Plan de mantenimiento preventivo de la línea extrusora	12 veces/año
Calibración del Freezer con los parámetros correctos	Operadores de la línea extrusora y el equipo de mantenimiento	Para que no haya una variación en el volumen de los helados y el palillo se inserte en el centro	Incluir la calibración en el plan de mantenimiento preventivo	Cada dos meses	Plan de mantenimiento preventivo de la línea extrusora	6 veces/año
Limpiar la palillera	Operadores de la línea extrusora	Para que los palillos no se queden trabados constantemente en la palillera	Establecer una frecuencia de limpieza para la palillera	Cada semana	En el LILA (limpieza, inspección, lubricación, ajuste) de la línea	4 veces/mes
Informar sobre palillos atascados en la palillera	Operadores de la línea extrusora	Para que no salgan de la dosificadora helados sin palillos	Llevar los palillos al área de calidad para que sean revisados y determinen si se debe cambiar de lote	En cada corrida de la línea	Área de calidad	Todo el año
Controlar el desperdicio generado en la línea por estaciones	Operadores de la línea extrusora	Para determinar a futuro las estaciones donde se genera mayor desperdicio y poder controlar rápidamente el problema	Utilizar un formato de control de desperdicio	En cada turno en el que se esté produciendo	Formato de control de desperdicio	Todo el año
Corrección de bandejas dobladas	Equipo de mantenimiento	Para que las pinzas tomen el helado con los palillos correctamente centrados	Establecer la calibración en el plan de mantenimiento preventivo	Cada mes	Plan de mantenimiento preventivo de la línea extrusora	12 veces/año
Verificar si se está utilizando el método de deshielo correcto	Equipo de procesos	Para determinar si en las plantas de otros países utilizan un método de deshielo diferente	Hablar con el equipo de procesos de las plantas de otros países para determinar si se está utilizando el método de deshielo correcto o si se lo debe cambiar	Una vez	Vía electrónica	Una vez
Ajuste de la cadena del brazo aéreo	Equipo de mantenimiento	Para que el helado entre en la embolsadora en la posición correcta	Incluir el ajuste en el plan de mantenimiento preventivo	Cada dos meses	Plan de mantenimiento preventivo de la línea extrusora	6 veces/año
Mantenimiento de la embolsadora	Operadores de la línea extrusora y el equipo de mantenimiento	Para que el helado entre en la ensacadora en la posición correcta	Establecer una frecuencia de limpieza de los rodillos en cada cambio de sabor.	Cada cambio de sabor	Informe de entrega de turno (Pamco)	3 veces/semana

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para medir los resultados obtenidos a partir de la implementación de las soluciones propuestas, se realizó un nuevo balance de masa utilizando un tanque de 2.102 Kg de crema. Como lo muestra la Figura 3.1, se evidenció una reducción del porcentaje de desperdicio de crema generado ya que, según el balance de masa realizado al inicio del proyecto, el desperdicio de 165,34 Kg representaba 5,51% del volumen de crema manufacturado; actualmente representa 3.05% correspondiente a 64,10 Kg; esto quiere decir que se logró una reducción del 44,67% del volumen de desperdicio generado.



Figura 3.1 Gráficas comparativas del desperdicio de crema en los balances de masa

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

Esta reducción en su mayor parte se debe al impacto que ha generado la reducción de desperdicios en el SAM 1, en la Figura 3.2 se puede observar la comparación del desperdicio generado en cada estación al considerar la situación actual de reducción para un tanque de 3.000 Kg.

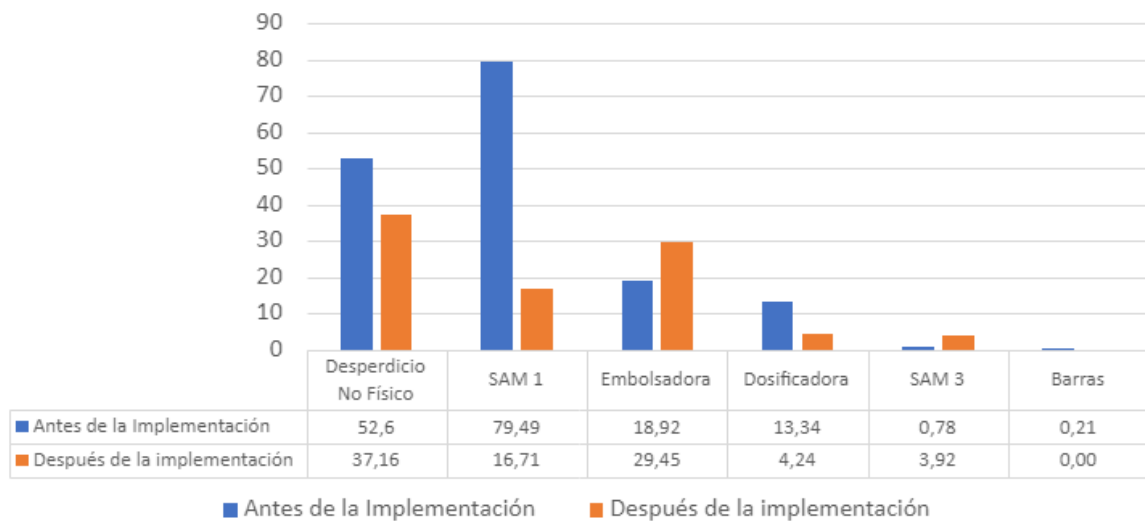


Figura 3.2 Comparación de Estratificación de Desperdicio de Crema

Fuente: Elaboración propia

Lily Rodríguez – Karla Tapia

A su vez, se puede apreciar que el desperdicio en la embolsadora y en el SAM 3 ha aumentado, mientras que el desperdicio en la dosificadora y las barras transportadoras ha disminuido junto al desperdicio no físico.

Para poder verificar si se ha alcanzado el objetivo planteado en la etapa de definición, es necesario calcular el costo del desperdicio por tonelada que hubiera resultado en el periodo de enero a agosto del 2020 si se hubiesen implementado estas mejoras. Durante este tiempo el volumen manufacturado fue de 361 toneladas, considerando el 3,05% de desperdicio se tendrían 11,01 toneladas, a su vez el costo de crema es \$819,40/tonelada; por lo tanto, el costo del desperdicio por tonelada resultante es de \$24,99/tonelada.

$$\text{Desperdicio por Tonelada} = \frac{\text{Pérdida monetaria por desperdicio de crema}}{\text{Toneladas de crema producida}} = \frac{\$}{\text{Ton}}$$

$$\text{Desperdicio por Tonelada} = \frac{(11,01 \text{ Ton})(\$819,40/\text{Ton})}{361,00 \text{ Ton}}$$

$$\text{Desperdicio por Tonelada} = \$24,99/\text{Ton}$$

El costo del desperdicio por tonelada de enero a agosto del 2020 fue de \$59,65/ton, mientras que con las mejoras implementadas se hubiese podido tener un costo del desperdicio por tonelada de \$24,99/tonelada; es decir, 58,10% menos.

Adicionalmente, cabe recalcar que las soluciones propuestas incurrieron en una inversión de \$0,00, debido a que los ajustes y calibraciones se realizaron con la ayuda de los operadores y el equipo de mantenimiento de la compañía. Así mismo, las propuestas de control no incurren en costos ya que los llevará acabo el mismo equipo de la empresa.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El SAM 1 y la embolsadora eran los puntos donde se generaba la mayor cantidad de desperdicio de crema, al enfocar el problema a estos lugares se logró un impacto significativo en la variable de salida.
- La implementación del proyecto generó una reducción de desperdicio de crema de 165,34 Kg a 64,10 Kg, es decir, una reducción del 44,67%.
- El costo del desperdicio por tonelada disminuyó de \$59,65/ton a \$24,99/tonelada, lo cual supone una reducción del 58,10% superando el objetivo planteado de 51,22%.
- Las soluciones propuestas conllevan una inversión de \$0,00.
- El registro diario de generación de desperdicios por estaciones permite tener un mejor control del desperdicio generado en la línea, que a su vez permitirá identificar efectivamente el lugar del problema donde se deberán aplicar las medidas correctivas del caso.

4.2 Recomendaciones

- Se debe tener apoyo por parte de los coordinadores en cada turno para asegurar que los operadores estén colocando los parámetros correctos en el freezer, además de corroborar en la hoja de control de proceso que se esté enviando la crema a la línea con el overrun indicado.
- Se debe establecer una cantidad de desperdicio límite para que, si se lo llega a sobrepasar, se haga un comunicado inmediato al coordinador de turno y se maneje el problema de manera oportuna.
- Se les debe explicar a los operadores la importancia de que todos los helados que caigan al tacho de reproceso deben ser enviados a la cámara de frío en el tiempo adecuado, para que estos no se conviertan en desperdicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. México: PEARSON.
- Breyfogle, F. (2003). *Implementing Six Sigma. Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Segunda edición, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Brown, C. (2019). Why and how to employ the SIPOC model. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning.*, 198-210.
- FUKUZAWA, M. (2020). Function of Value Stream Mapping in Operations Management Journals. *Annals of Business Administrative Science.* , 207-225.
- Gutierrez, H. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Johnson, G. S. (2003). *Mejoramiento Continuo*. Quinta edición, Editorial Pearson Hall.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*.
- Pereira, A., Silva, M., Domingues, M., & Sá, J. (2019). Lean Six Sigma Approach to Improve the Production Process in the Mould Industry: a Case Study. *Quality Innovation Prosperity*, 103-121.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at All Levels*. McGraw-Hill, EEUU.
- Rasmusson, D. (2006). *SIPOC picture book: A visual guide to SIPOC/DMAIC relationship*. Oriel Incorporated.
- Zhindon, E. C. (2010). *Diseño del proceso para la elaboración de helados de fruta tipo sorbete*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10846/1/Dise%c3%b1o%20del%20proceso%20para%20la%20elaboraci%c3%b3n%20de%20helados%20de%20fruta%20tipo%20sorbetex.pdf>