

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE PLANEAMIENTO
Y CONTROL DE OPERACIONES, HEIJUNKA Y SMED EN UNA
EMPRESA DE CONSUMO MASIVO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Jesús Alexis Castillo Valdez

ASESOR:

Mery Roxana León Perfecto

Lima, diciembre, 2021

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo brindar una propuesta de implementación de un sistema de planificación y control de operaciones en una empresa de consumo masivo, específicamente en una de las líneas de producción de wafer. Asimismo, la investigación abarca la descripción de las herramientas de mejora a implementar, el diagnóstico de la situación actual, el análisis y planteamiento de una metodología de planificación y, por último, la evaluación económica.

En primera instancia, se analizaron los principales indicadores del área de Producción, los cuales, permitieron identificar que el principal problema era la entrega incompleta de pedidos. Posteriormente, mediante el diagrama de Ishikawa se determinaron las siguientes causas raíz: pronóstico desactualizado, inadecuado sistema de planificación y gestión de inventarios empírica. Con respecto a al pronóstico, se propuso un método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad, desarrollado por los autores Meindl & Chopra, con el cual se obtuvo un MAPE de 7.58%, 6.61% y 6.61% para wafer vainilla, fresa y chocolate respectivamente. Respecto a la gestión de inventarios, con el objetivo de reducir los costos de mantener y ordenar, se desarrolló un modelo de programación lineal para determinar el momento y la cantidad a comprar por cada material, lo cual, permitió obtener ahorros en la gestión de materias primas de S/ 6 423.16 anual. Asimismo, se desarrolló la MRP y, con el fin de determina la viabilidad del mismo, se realizó el análisis de capacidad bajo el enfoque TOC. Por último, se realizó la programación a corto plazo con *Heijunka* y, de manera complementaria, la implementación se SMED, lo cual permitió reducir de los inventarios de producto terminado en 93.40%, 93.26%, 93.57% para wafer vainilla, fresa y chocolate respectivamente y de esta manera obtener un ahorro de S/ 3 023.49 anual.

Finalmente, la inversión requerida para la implementación del proyecto asciende a S/ 2,949.00, las cuales están distribuidas entre el pago a los analistas y la compra de un equipo que permitió la reducción del tiempo de cambio de sabor. Asimismo, como resultado de la evaluación económica se obtuvo un VPN de S/ 1 854.27 y una TIR de 26% y, de esta manera, se concluye que el proyecto es viable económicamente, ya que el VPN es positivo y la TIR es mayor que el costo de oportunidad, de 15%, esperado por la empresa.

A mi abuela Claire, que en paz descansa, que siempre se imaginó ese momento en que terminaría mi carrera, pero que hoy me acompaña desde el Cielo. A mis padres y hermanas que me acompañan diariamente.



AGRADECIMIENTOS

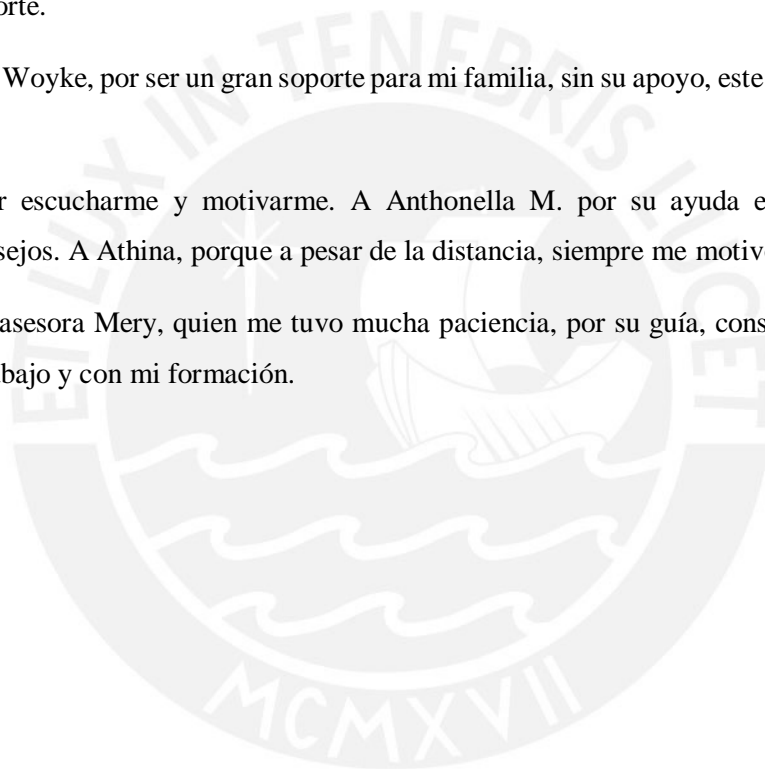
A Dios, por darme la vida, fuerza y un propósito para seguir viviendo.

A mi abuela Claire por sus enseñanzas y consejos, a mi abuelo, por siempre inculcarme el hábito de la lectura y deporte, a mis padres y hermanas, por su infinito amor, confianza y apoyo; a Maricielo por su incondicional soporte.

A la señora Gisela Woyke, por ser un gran soporte para mi familia, sin su apoyo, este sueño no se hubiera hecho realidad.

A Adriana P. por escucharme y motivarme. A Anthonella M. por su ayuda en los cursos de la universidad y consejos. A Athina, porque a pesar de la distancia, siempre me motivó a sacar mi título.

A mi profesora y asesora Mery, quien me tuvo mucha paciencia, por su guía, consejos y compromiso con el presente trabajo y con mi formación.

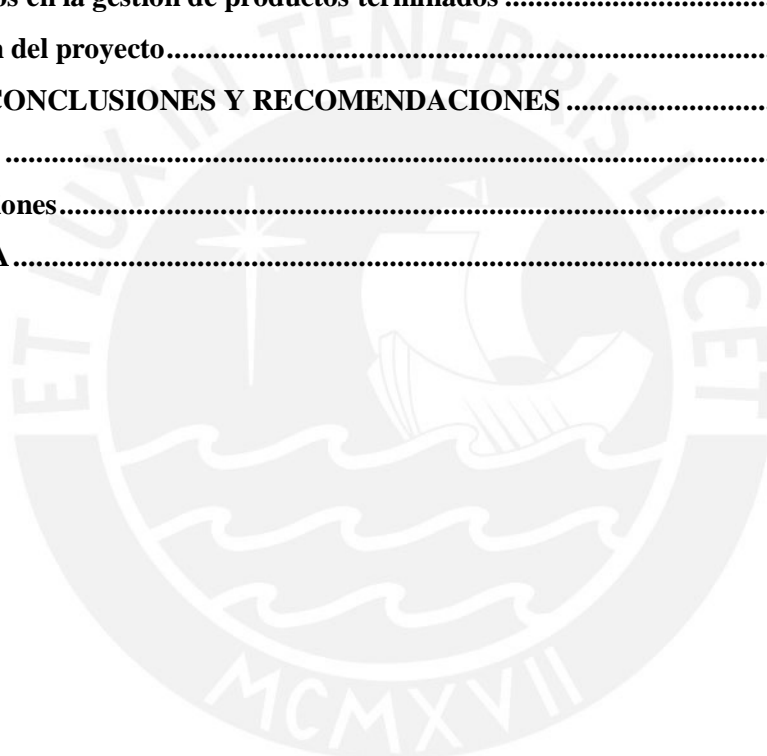


ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Pronósticos	3
1.1.1 Horizonte del pronóstico	3
1.1.2 Patrones de demanda	4
1.1.3 Métodos de pronósticos	4
1.1.4 Error de pronósticos	9
1.2 Gestión de inventarios.....	9
1.2.1 Definición de inventario	10
1.2.2 Tipos de inventario.....	10
1.2.3 Costos relacionados con el inventario	11
1.2.4 Clasificación ABC multicriterio.....	11
1.2.5 Técnicas para determinar el tamaño de lote	13
1.2.5.1 Lote económico (EOQ).....	13
1.2.5.2 Cantidad fija a ordenar (FOQ)	15
1.2.5.3 Cantidad periódica a ordenar (POQ)	15
1.2.5.4 Lote por lote (LxL)	15
1.2.6 Sistemas de control de inventario	15
1.2.7 Nivel de servicio y Stock de seguridad	16
1.3 Investigación de operaciones.....	17
1.3.1 Programación lineal (PL)	18
1.3.2 Programación entera y programación entera mixta	19
1.4 Planificación de requerimientos de materiales (MRP).....	20
1.5 Teoría de restricciones (TOC)	21
1.6 Lean Manufacturing	22
1.6.1 SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	22
1.6.2 <i>Heijunka</i>	23
1.8 Herramientas de análisis y diagnóstico de procesos	23
1.8.1 Diagrama de operaciones de proceso (DOP)	23
1.8.2 Diagrama causa y efecto – Ishikawa	24
1.8.3 Diagrama de Pareto	24

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	37
3.1 Metodología a seguir en el diagnóstico	37
3.2 Fase 1: Elección de la planta y línea a diagnosticar	37
3.2.1 Elección de la planta	37
3.2.1 Elección de la línea	38
3.3 Fase 2: Selección del problema crítico e identificación de causas	43
3.3.1 Diagrama causa – efecto de los problemas críticos.....	45
3.4 Fase 3: Análisis cualitativo de las causas	48
3.4.1 Análisis y diagnóstico del método del pronóstico actual	48
3.4.2 Análisis y diagnóstico del sistema de planificación de requerimiento de materiales y de la planificación de la producción.....	49
3.4.3 Análisis y diagnóstico del sistema de la gestión de inventarios	51
3.5 Fase 4: Diagnóstico final.....	51
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA.....	48
4.1 Pronósticos	48
4.1.1 Análisis de la demanda.....	49
4.1.2. Desarrollo de pronósticos.....	50
4.1.3 Conclusión de pronósticos.....	57
4.2 Plan Maestro de Producción (PMP)	59
4.2.1 Desarrollo de PMP	59
4.2.2 Congelamiento del PMP.....	61
4.3 Políticas de inventario de materia prima y producto terminado	61
4.3.1 Clasificación ABC multicriterio.....	62
4.3.2 Stock de seguridad de materias primas	65
4.3.3 Establecimiento de políticas de inventarios y tamaños de lote.....	67
4.3.4 Stock de seguridad de producto terminado	73
4.4 Planificación de requerimiento de materiales	74
4.4.1 Lista de materiales	74
4.4.2 Resumen de políticas de compra propuesta	76
4.4.3 Resumen de los pronósticos	77
4.4.4 Resumen de políticas de inventario de productos terminados	77
4.4.5 Consideraciones previas.....	77
4.4.6 Desarrollo de MRP.....	77
4.5 SMED	81
4.6 Análisis de capacidad.....	91

4.6.1. Consideraciones previas.....	91
4.6.2. Desarrollo del análisis de capacidad	92
4.7 Programación a corto plazo.....	92
4.8 Integración de herramientas del modelo propuesto.....	95
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	97
5.1 Costos de implementación: pago a analistas y costos de equipos de trabajo.....	97
5.1.1 Pago a analistas	97
5.1.2 Costo de compra de equipo <i>Karcher</i>	98
5.2 Ahorros obtenidos.....	98
5.2.1 Ahorros en gestión de materias primas	99
5.2.2 Ahorros en la gestión de productos terminados	99
5.3 Evaluación del proyecto.....	100
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
6.1 Conclusiones	101
6.2 Recomendaciones.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	104



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Listado de plantas, distritos y productos de Tesla Bakery S.A.....	25
Tabla 2: Indicadores del área de producción.....	35
Tabla 3: Lista de equipos	36
Tabla 4: Cumplimiento de costos, en porcentaje, por planta.....	38
Tabla 5: Cantidad total de veces que las líneas estuvieron fuera de meta por cada indicador durante el 2019.....	39
Tabla 6: Comparación del cumplimiento promedio del plan de producción y promedio de inventarios finales durante el 2019.....	40
Tabla 7: Inventarios finales de producto terminado, por producto, de la línea 3	40
Tabla 8: Cantidad total de fallas mecánicas en el 2019	41
Tabla 9: Total de cambios en la programación durante el 2019.....	42
Tabla 10: Listado de problemas según indicador expuesto.....	44
Tabla 11: Matriz de enfrentamiento	45
Tabla 12: Puntuación de los problemas identificados.....	45
Tabla 13: Matriz de enfrentamiento	47
Tabla 14: Puntuación de las causas encontradas	47
Tabla 15: Cálculo del MAPE del pronóstico, en kilogramos, para wafer vainilla, en el 2019.....	48
Tabla 16: Porcentaje de cobertura de materiales por mes en el 2019	50
Tabla 17: Cálculo de la demanda desestacionalizada	52
Tabla 18: Demandas desestacionalizadas estimadas y factores estacionales calculados	53
Tabla 19: Demanda no estacional y cálculo de $t \times Y_d$	57
Tabla 20: Indicadores de error de pronóstico del método 1, método 2 y el método actual de la empresa	58
Tabla 21: Proyecciones para el 2020 de wafer vainilla, fresa y chocolate en kilogramos	58
Tabla 22: Proyecciones, en cajas, para el 2020 de wafer vainilla, fresa y chocolate.....	59
Tabla 23: Plan maestro de producción, en cajas, de los 3 productos en los meses de julio, agosto, setiembre.....	60
Tabla 24: Matriz de enfrentamiento entre criterios para clasificación ABC	63
Tabla 25: Clasificación ABC multicriterio de materias primas e insumos	64
Tabla 26: Stock de seguridad mensual por cada material	66
Tabla 27: Stock de seguridad ajustado para cada material.....	67
Tabla 28: Resultados propuestos por el modelo de programación lineal para la harina	69
Tabla 29: Resultados propuestos por el modelo de programación lineal ajustado	70
Tabla 30: Tamaño de lote, Inventario promedio y costo totales anuales de inventarios por cada modelo y material	71
Tabla 31: Costos totales por modelo propuesto	73
Tabla 32: Stock de seguridad mensual, en cajas, por producto terminado.....	74
Tabla 33: Resumen de políticas de compra de materias primas	76
Tabla 34: Reporte de emisiones de fabricación, en cajas, para los productos terminados y semiterminados	78
Tabla 35: Inventarios proyectados, en cajas, de productos terminados y semiterminados	78
Tabla 36: Reporte de emisiones de órdenes de compra para los 3 productos en análisis	79
Tabla 37: Reporte de inventarios proyectados de materias primas e insumos	80
Tabla 38: Principales actividades para realizar el cambio de sabor.....	83

Tabla 39: Sub actividades de la actividad “Limpiar cámara de frío”	84
Tabla 40: Clasificación de las sub actividades de limpieza de cámara de frío.....	86
Tabla 41: Propuestas de mejora por cada sub actividad 12.....	88
Tabla 42: Actividades y subactividades para realizar el cambio de sabor	90
Tabla 43: Análisis de capacidad, en minutos, del mes de agosto	92
Tabla 44: Reporte de emisiones de lotes <i>Heijunka</i> para los tres sabores en la primera semana de agosto.....	93
Tabla 45: Secuencia de producción inicial de la primera semana de agosto.....	94
Tabla 46: Pago al Analista de TI por horas extras.....	98
Tabla 47: Ahorros en la gestión de inventarios de materias primas para los meses de julio, agosto y septiembre.....	99
Tabla 48: Ahorros en el mantenimiento de inventario de Wafer Vainilla	99
Tabla 49: Flujo de caja económico del a implementación del proyecto	100



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva 80-20 con una clasificación arbitraria de productos ABC	12
Figura 2: Ilustración del comportamiento de los costos de ordenar y de mantener	14
Figura 3: Diagrama de causa - efecto	24
Figura 4: Tipos de falla en el campo	24
Figura 5: Organigrama de planta galletas	27
Figura 6: Clasificación de los productos.....	28
Figura 7: Diagrama de Pareto de la cantidad de cambios en el plan de producción en el 2019	42
Figura 8: Pareto de la cantidad de volumen de ventas por línea en el 2019.....	43
Figura 9: Diagrama de Causa – Efecto del problema de entrega de pedidos incompleta	46
Figura 10: Herramientas de mejora propuestas para el problema actual	52
Figura 11: Fases para el análisis y diagnóstico del proceso de planificación de la empresa	52
Figura 12: Comparación de las ventas de Wafer Vainilla por año	49
Figura 13: Comportamiento de la demanda de Wafer Vainilla	50
Figura 14: Lista de materiales para wafer vainilla.....	75
Figura 15: Diagrama Spaghetti de la situación actual	85
Figura 16: Tiempo total por clase.....	86
Figura 17: Tiempo total por tipo de sub actividad.....	87
Figura 18: Equipo <i>Karcher</i>	89
Figura 19: Comparación del tiempo actual con el propuesto según su clase	91
Figura 20: Modelo integrado de propuestas de mejora.....	96

INTRODUCCIÓN

Actualmente, dentro del sector de consumo masivo, uno de los segmentos con mayor y constante crecimiento es la industria de productos de panadería (PRODUCE 2019), asimismo, el Banco Central de Reserva del Perú estima que la demanda interna crecerá en un 3.7% y 3.8% para el 2020 y 2021 respectivamente. Por otro lado, de acuerdo con la consultora KATAR, las empresas de dicho sector están afrontando nuevos retos tales como la entrada en vigor de la ley de alimentación saludable y cambios en la conducta de los consumidores, quienes buscan productos cada vez más económicos. Teniendo en cuenta este escenario y los nuevos desafíos que enfrentan las empresas de dicho sector, se pueden emplear herramientas de la carrera de Ingeniería Industrial para aportar mejoras, por ello, el presente trabajo de investigación analizará y, posteriormente, propondrá la implementación de herramientas de planificación y control de operaciones en una empresa de consumo masivo, la estructura del presente proyecto se muestra a continuación.

En el primer capítulo, se presentará el marco teórico de las herramientas a utilizar en el diagnóstico y en el desarrollo de las propuestas de mejora. Asimismo, para la explicación del concepto de MRP se cita el trabajo de investigación “Marco teórico para la aplicación de MRP en las industrias” elaborado por Jesús Castillo (2020) y, adicionalmente, se desarrollarán los conceptos de pronósticos, gestión de inventarios, modelación matemática, PMP, teoría de restricciones (TOC) y *Lean Manufacturing (Heijunka)*.

En el segundo capítulo, se presentará la descripción de la empresa, la cual incluye información sobre su perfil organizacional, organigrama, productos, procesos, programas informáticos e instalaciones. Asimismo, se describen dos de los procesos principales en el área de producción: proceso de planificación de la producción y el proceso productivo de wafer.

En el tercer capítulo, se realizará el análisis y diagnóstico del sistema de planificación de la producción y de requerimientos actual, con el objetivo de identificar los principales problemas y, posteriormente, por medio del diagrama de Ishikawa, determinar las causas de mayor impacto. Finalmente se presentan las causas raíz encontradas y las herramientas a implementar para dar solución al problema principal.

En el cuarto capítulo, se desarrollarán las propuestas de mejora con su respectiva aplicación, dichas propuestas están basadas en la integración de las siguientes herramientas: pronósticos, programación lineal, PMP, MRP y *Heijunka*. Esta metodología se enfocará en la planificación y control de operaciones.

En el quinto capítulo, se presentarán los costos incurridos en la implementación de la propuesta, así como, los ahorros generados después de ejecutar las propuestas de mejora. En base a dicha información,

se hará la evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto de mejora mediante los indicadores: VPN y TIR.

Por último, en el sexto capítulo, se mencionan las conclusiones y recomendaciones en base al análisis de las mejoras propuestas, las cuales van a permitir un mejor desempeño de la empresa.



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se explicarán los conceptos y metodologías que se usarán como base para plantear e implementar las propuestas de mejora desarrollados en el presente trabajo de investigación. En efecto, se desarrollarán los conceptos de: pronósticos, gestión de inventarios, programación lineal, MRP, TOC, SMED, *Heijunka* y herramientas para diagnóstico de procesos.

1.1 Pronósticos

De acuerdo con Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013), un pronóstico es una predicción de eventos futuros que serían usados como inputs para la planeación. Asimismo, Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011) añaden que, en lo que respecta a las proyecciones de ventas, los pronósticos casi siempre son incorrectos, ya que es muy difícil que las ventas sean exactamente iguales a la cantidad pronosticada, por ello, la meta es lograr el error más pequeño posible, asimismo, explica que existen tres formas de lidiar con los errores del pronóstico:

- Reducir el error a través de mejores pronósticos, de tal manera que se pueda reducir la brecha entre lo que se proyecta y lo que se vende realmente.
- Incorporar más flexibilidad en las operaciones, con el fin de lidiar con las variaciones de la demanda y no tener altos inventarios o, caso contrario, roturas de *stock*.
- Reducir el tiempo de espera del cual se requieren los pronósticos, es decir, obtener pronósticos en menores rangos de tiempo, ya sea de manera diaria o semanal.

1.1.1 Horizonte del pronóstico

Según Heizer y Render (2015), los pronósticos comúnmente se clasifican según el tiempo de horizonte futuro que abarcan, encontrando así 3 tipos:

- Pronóstico a corto plazo: Abarca un periodo de cobertura inferior a los 3 meses. Empleada generalmente para la planificación de niveles de producción, mano de obra, compras.
- Pronóstico a mediano plazo: Abarca un periodo de 3 meses hasta 3 años. Útil para la planificación de flujo de caja, presupuesto y planes operativos.
- Pronóstico a largo plazo: Abarca un periodo de 3 años a más. Se utiliza en la planificación de nuevos productos, inversiones de capital, localización de planta.

1.1.2 Patrones de demanda

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), resulta difícil predecir el comportamiento de la demanda ya que ésta podría variar considerablemente en cualquier momento, sin embargo, después de observar repetidas veces la demanda de un producto o servicio, en su orden de ocurrencia, se pueden identificar diversos patrones, algunos ejemplos son los siguientes:

1. Horizontal: La demanda varía alrededor de una media que permanece constante a lo largo del tiempo.
2. Tendencia: La demanda incrementa o decrecienta de manera sistemática a través del tiempo.
3. Estacional: La demanda presenta incrementos y decrementos que están asociados al factor tiempo (días, semanas, meses, temporadas).
4. Cíclico: Incrementos y decrementos graduales que se presentan en un horizonte de tiempo más largo (años, décadas).
5. Aleatorio: La demanda puede variar en cualquier instante de tiempo.

Asimismo, en el **Anexo 1** se muestra una representación gráfica de los patrones de demanda mencionados.

1.1.3 Métodos de pronósticos

Como ya se mencionó anteriormente, existen 5 patrones básicos del comportamiento de la demanda, los cuales deben identificarse primero y, en base a ello, escoger un método de pronóstico adecuado. Líneas abajo se presentan los métodos más utilizados, haciendo énfasis en los métodos relacionados con series de tiempo.

a. Métodos cualitativos

Según Chopra y Meindl (2013), los métodos cualitativos son aquellos que se hace en base al criterio y juicio humano, no obstante, son recomendables cuando la empresa no cuenta con datos históricos para pronosticar la demanda, por ejemplo, cuando se planea lanzar un nuevo producto al mercado o el impacto de una nueva tecnología. Según Ballou (2004), los métodos cualitativos, además del juicio e intuición humana, se apoyan en encuestas o técnicas comparativas para así poder obtener estimaciones cuantitativas.

b. Métodos causales

De acuerdo con Ballou (2004), los métodos causales se basan en que existe una variable pronosticada que depende del nivel de otras variables relacionadas, por ejemplo, si se conoce que el nivel de servicio tiene un efecto positivo sobre el nivel de ventas de una compañía, entonces, para un mayor nivel de servicio brindado se podría proyectar el nivel de ventas futuro. Este método depende mucho de información histórica ya que la usa para poder encontrar la

relación “causa - efecto” y, en la medida que esa relación sea adecuada, el modelo puede ser bastante bueno para predecir la demanda a un mediano o largo plazo. Sin embargo, en muchas ocasiones es muy difícil encontrar las verdaderas variables causales.

c. Series de tiempo

Según Krajewski et al. (2013), a diferencia de los métodos causales, las series de tiempo sólo toman en cuenta los datos históricos de la variable dependiente, asimismo, asumen que los patrones pasados de la demanda se volverán a repetir en el futuro. A continuación, se mencionan los métodos más usados para pronosticar series de tiempo:

- Pronóstico ingenuo: Establece que el pronóstico de la demanda para el siguiente periodo debe ser igual a la demanda del periodo actual. Funciona muy bien con patrones constantes o cuando existe poca muy poca variabilidad en la demanda.
- Estimación del promedio: Establece que, el pronóstico de la demanda para cualquier período futuro es el promedio de “n” periodos anteriores. Asimismo, se cuenta con 3 métodos para realizar la predicción:
 - Promedio móvil simple: Indica que el pronóstico de la demanda del siguiente periodo es el promedio de la demanda de los “n” periodos consecutivos más recientes. A continuación, se muestra la fórmula:

$$F_{t+1} = \frac{\text{Suma de las "n" últimas demandas}}{n} = \frac{D_t + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Donde:

D_t = demanda real en el periodo “t”

n = número total de periodos en el promedio

F_{t+1} = pronóstico para el periodo t+1

- Promedios móviles ponderados: A diferencia del promedio móvil simple, en este caso, cada demanda histórica en el promedio puede tener su propio peso, donde la suma de los pesos debe ser igual a 1.
- Suavizamiento exponencial: Es un método mejorado del promedio móvil ponderado en el que se le da más peso a las demandas más recientes tomando en consideración toda la información histórica. Para poder usar este método se necesitan tres datos:

- Pronóstico del último periodo (F_t)
- Demanda real para este periodo (D_t)
- Parámetro de suavizamiento alfa ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Para calcular el pronóstico del siguiente periodo se emplea la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t$$

Por otro lado, existe un patrón en la que se puede visualizar un comportamiento estacional con una ligera tendencia ascendente, para dichos casos, se mostrarán dos métodos cuantitativos y que, además, son los que se ha seleccionado para ser empleados en el presente trabajo de investigación.

Pronóstico con descomposición con regresión por mínimos cuadrados.

De acuerdo con Chase y Jacobs (2018), una serie de tiempo está compuesta por: tendencia, estacionalidad, auto correlación o aleatorio, es así que, la descomposición consiste en identificar y separar los datos en estos componentes. Asimismo, la demanda puede presentar efectos estacionales y de tendencia que pueden ser de dos tipos: aditiva, ocurre cuando la cantidad estacional es constante sin importar la tendencia ni cantidad promedio; multiplicativa, ocurre cuando la tendencia se multiplica por factores estacionales. A continuación, se presenta el procedimiento a seguir para realizar el pronóstico:

- a. Desestacionalizar las ventas: Primero se calcula el promedio móvil de un grupo de periodos (por lo general 4), luego, repetir el mismo proceso, pero ahora con la mitad del grupo de periodos que se utilizó en el primer cálculo.
- b. Determinar el índice estacional: Consiste en dividir las ventas reales entre los resultados que se obtuvieron del último promedio móvil calculado.
- c. Descontar variaciones de temporada de los datos originales: Se procede a dividir los datos originales entre el factor estacional.
- d. Cálculo de la ecuación de regresión por el método de mínimos cuadrados: se usan las ventas desestacionalizadas del último promedio móvil calculado. La fórmula final queda así:

$$Y = a + bt$$

Donde:

Y = Demanda calculada

b = Pendiente de la recta

a = Secante de la recta

- e. Proyectar la recta: Usando la ecuación del inciso (d) se calculan los promedios para los períodos a estimar.

- f. Ajuste de la recta de regresión según el factor estacional. Se procede a multiplicar los promedios obtenidos en el inciso (e) con los índices estacionales.

Pronóstico con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad.

Según Chopra y Meindl (2013), se recomienda usar este método cuando la demanda presenta tendencia y un factor estacional; en este caso se estudia todos los datos históricos para determinar los parámetros y posteriormente utilizarlos para los pronósticos futuros. El procedimiento que describe para poder efectuar el cálculo del pronóstico es el siguiente:

- a. Estimar el nivel (L), la tendencia (T) y el factor estacional (S). Para poder realizar los cálculos, primero se debe identificar el número de periodos después de los cuales se repite el ciclo estacional, en otras palabras, identificar la periodicidad (p), por ejemplo, si se trabaja con trimestres, p = 4. Posteriormente, se efectuará la desestacionalización de la demanda con la siguiente fórmula:

$$\bar{D}_t = \begin{cases} \frac{[D_{t-\frac{p}{2}} + D_{t+\frac{p}{2}} + \sum_{i=t+1-\frac{p}{2}}^{t-1+\frac{p}{2}} 2D_i]}{2p} & ; \text{ para "p" par} \\ \sum_{i=t-\lceil \frac{p-1}{2} \rceil}^{t+\lfloor \frac{p-1}{2} \rfloor} \frac{D_i}{p} & ; \text{ para "p" impar} \end{cases}$$

Donde:

D_t = demanda desestacionalizada en el periodo "t"

p = periodicidad

D (t - p/2) = demanda real en el periodo "t - p/2"

Posterior al cálculo, se establece una relación lineal entre la demanda desestacionalizada y el tiempo, obteniendo así la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$\bar{D}_t = L + Tt$$

Donde:

\bar{D} : Demanda desestacionalizada estimada

L: Nivel

T: Tendencia

t: Periodo

Asimismo, el factor estacional, para cada periodo, es la relación entre la demanda real y la demanda desestacionalizada, la fórmula está dado como:

$$S_t = \frac{D_t}{\bar{D}}$$

- b. Una vez estimado el nivel, tendencia y factor estacional, se procede a realizar el pronóstico con la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1}$$

- c. Asignar valores a las constantes de: suavizamiento para nivel (α) entre 0 y 1; constante de suavizamiento para la tendencia (β) entre 0 y 1, constante de suavizamiento para el factor estacional (γ) entre 0 y 1.
- d. Para poder realizar el pronóstico del siguiente periodo se debe realizar el siguiente ajuste:

$$L_{t+1} = \alpha \left(\frac{D_{t+1}}{S_{t+1}} \right) + (1 - \alpha)(L_t + T_t)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t$$

$$S_{t+p+1} = \gamma \left(\frac{D_{t+1}}{L_{t+1}} \right) + (1 - \gamma)S_{t+1}$$

- e. Se vuelve a repetir el inciso “b” con los parámetros actualizados y así para cada periodo.

1.1.4 Error de pronósticos

Según Schroeder et al. (2011), todos los pronósticos que se ejecuten siempre serán incorrectos, en otras palabras, siempre existirá una brecha entre lo pronosticado y lo que se vendió realmente, esto debido a que siempre existen variaciones ya sea por factores externos (clima, estabilidad política, entre otros) o factores internos de la empresa (campañas de marketing, baja calidad de los productos, entre otros). Sin embargo, eso no quiere decir que no deban usarse los pronósticos, por el contrario, deben usarse, pero siempre buscando minimizar el error, para ello se establecen indicadores que ayuden a cuantificar el error del pronóstico, a continuación, se muestran los principales indicadores de error:

- Error del pronóstico en el periodo “t”:

$$e_t = D_t - F_t$$

- Suma acumulativa de errores:

$$CFE = \sum_{t=1}^n e_t$$

- Media del error al cuadrado:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$$

- Media de la desviación absoluta de los errores del pronóstico:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n}$$

- Media de los errores de porcentajes absolutos:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{D_t} \right|}{n} \times 100$$

Asimismo, calcular el error del pronóstico puede tener los siguientes propósitos:

- Hacer seguimiento a las observaciones erráticas de la demanda y valores atípicos.
- Identificar el momento en el cual el método no hace un buen seguimiento de la demanda real y, por ende, se deba hacer modificaciones.
- Asignar valores a los parámetros (alfa, beta, gama) con el objetivo de minimizar el error.
- Establecer un inventario de seguridad en caso se presente desviaciones de la demanda.

1.2 Gestión de inventarios

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), tener una eficiente administración de inventarios no significa reducirlos al mínimo para reducir los costos, sino más bien, consiste en tener la cantidad correcta fluyendo por la cadena de suministro y, de esta manera, alcanzar las prioridades competitivas.

Asimismo, añade que parte de la gestión de inventarios, consiste en calcular el tamaño de lote y la frecuencia con la que se debe comprar.

1.2.1 Definición de inventario

De acuerdo con Ballou (2004), los inventarios son acumulaciones de materia prima, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen a lo largo del canal de producción y logística de una empresa. Asimismo, según Chase y Jacobs (2018), los inventarios son necesarios por las siguientes razones:

- Mantener independencia entre las operaciones.
- Cubrir la variación de la demanda.
- Permitir flexibilidad en la programación de la producción.
- Protegerse contra la variación del tiempo de entrega de las materias primas.
- Aprovechar descuentos basados en el tamaño del pedido.
- Otras razones que dependen del dominio.

1.2.2 Tipos de inventario

Según Krajewski et al. (2013), los inventarios pueden clasificarse principalmente en tres categorías:

- Inventario de materias primas: es el inventario de los artículos que luego entrarán en los procesos de transformación de la compañía.
- Inventario de productos en proceso: inventario conformado por artículos, componentes o ensamblados necesarios para la elaboración del producto final.
- Inventario de productos terminados: inventario conformado por los productos vendidos a los clientes.

Asimismo, añade que también se clasifican según la forma en que se crearon, bajo ese contexto, se tienen los siguientes tipos:

- Inventario de ciclo: es la porción del inventario total que varía directamente proporcional con el tamaño de lote.
- Inventario de seguridad: es el inventario que se mantiene con el propósito de protegerse de la incertidumbre de la demanda, tiempos de entrega y cambios en el abastecimiento.
- Inventario de previsión: es el inventario usado para absorber tasas dispares de demanda o entrega; por lo general es usado cuando la demanda es estacional o predecible.
- Inventario en tránsito: es el inventario originado cuando se emite una orden, pero aún no se ha recibido.

1.2.3 Costos relacionados con el inventario

De acuerdo con Chopra y Meindl (2013), un obstáculo que se presenta al establecer los niveles de inventario en una empresa es la estimación de los costos de pedir y de retener por lo que, dada la robustez de los modelos, es mejor obtener una aproximación en vez de intentar calcularlos con exactitud. Carreño (2017) propone la siguiente estructura de costos asociados a la gestión de inventarios:

- Costo de compra: Es el precio del artículo a comprar multiplicado por la cantidad que se desea pedir. Asimismo, también tiene en consideración el descuento por volumen que suelen entregar los proveedores.
- Costo de ordenar: Es lo que le cuesta a la empresa emitir una orden de compra, se puede resumir como la suma de los costos de preparar, procesar, ejecutar, transmitir y hacer seguimiento a la orden del pedido.
- Costo de posesión de inventario: Es la suma de los costos relacionados con el espacio ocupado por el almacén, obsolescencia, pérdidas o robos de artículos, planilla de las personas que se encargan de la gestión del inventario, capital inmovilizado, seguros.
- Costos de rotura de stock: Costo asociado por las faltas de existencias cuando éstas son requeridas. Para el caso de una planta, por ejemplo, este costo es influenciado por la falta de materiales para abastecer al sistema productivo ya que esto significa realizar paradas y tener al personal sin trabajar, entre otros.

1.2.4 Clasificación ABC multicriterio

Según Krajewski et al. (2013), una compañía tiene bajo su responsabilidad una gran cantidad de productos y artículos, denominados *stock keeping units* (SKU), pero sólo una pequeña cantidad necesita de un control estricto. En efecto, es necesario hacer una clasificación de los SKU, para lograr esto, se debe realizar el análisis ABC, el cual consiste en hacer una gráfica de Pareto cuyos ejes están representados por: eje horizontal, se coloca el porcentaje de los artículos y, en el eje vertical, el criterio seleccionado por la empresa en términos porcentuales; un ejemplo de este método gráfico se muestra en la figura 1, en el cual, se puede observar que los artículos pertenecientes a la clase A corresponden al 20% de los SKU pero son responsables 80% del valor de uso. Los artículos de la clase B corresponden al 30% de los SKU, pero sólo 15% del valor de uso y, por último, la clase C representa el 50% de los SKU, pero sólo el 5% del valor de uso. Como ya se mencionó anteriormente, el objetivo es identificar ese porcentaje de SKU que se encuentran en la clase A para que la administración pueda ejercer un control más estricto de sus niveles de inventario. Según Ballou (2004), rara vez se observa una relación exacta 80-20, pero la desproporcionalidad entre las ventas o valor de uso de los artículos por lo general es verdadera.

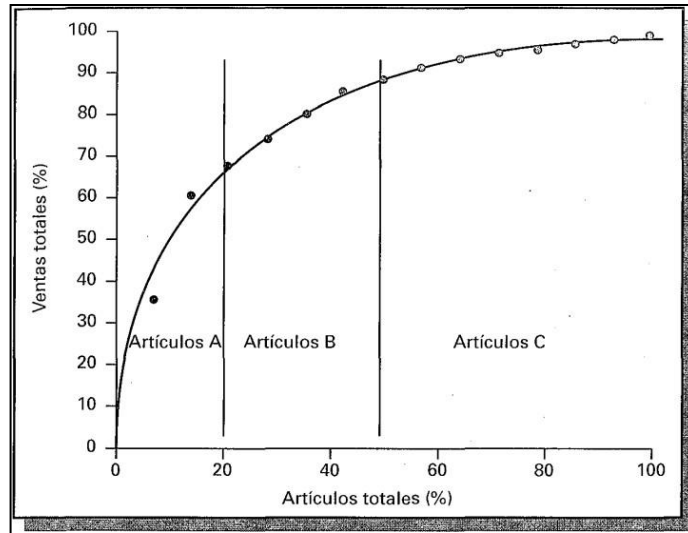


Figura 1: Curva 80-20 con una clasificación arbitraria de productos ABC
Fuente: Ballou (2004)

Lo explicado anteriormente puede aplicarse teniendo en cuenta más de un criterio de análisis, es decir, además de las ventas totales puede considerarse el lead time de cada artículo u otro criterio, en ese caso se deberá el siguiente procedimiento:

- Establecer una matriz de enfrentamiento con los criterios a tener en cuenta, el objetivo es ponderarlos y así calcular los pesos.
- Para cada SKU, se calcula un puntaje.
- Después de la asignación de los puntajes, se procede a normalizar los valores, es decir, deberán encontrarse en un rango entre 0 y 1, por medio de la siguiente fórmula:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,xij}}{\max_{i=1,2,\dots,xij} - \min_{i=1,2,\dots,xij}}$$

Donde:

i = Producto 1, 2, 3, etc.

j = Criterio 1,2,3, etc.

X'ij = Valor normalizado del producto i-ésimo con respecto al criterio j-ésimo

- Luego, para obtener el puntaje total, se aplica la siguiente fórmula:

$$Puntaje\ Total = \sum_{j=1}^i W_j W'_{ij}$$

Donde:

Wj = Peso asignado al criterio j.

- Por último, se ordenan los puntajes finales de mayor a menor y se hace la clasificación ABC.

1.2.5 Técnicas para determinar el tamaño de lote

Según Krajewski et al. (2013), la cantidad de los materiales que se requiere para producir pueden variar semanal o mensualmente, de acuerdo al periodo de planificación, por ello, es necesario comprar una cantidad con la que se pueda abastecer continuamente al proceso, pero que, al mismo tiempo, no genere altos costos de mantener inventario. A continuación, se presentan algunas técnicas para determinar el tamaño de lote a comprar.

1.2.5.1 Lote económico (EOQ)

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), definir el tamaño de lote es una tarea importante, no se debe pedir muy poco porque eso aumentaría la frecuencia de pedir y el costo de ordenar aumentaría, por otro lado, no se puede pedir un lote grande porque eso incrementaría los costos de mantener inventario, por ende, se debe encontrar un equilibrio entre los costos de ordenar y los costos de mantener, el objetivo es determinar aquella cantidad a pedir que minimice la suma de ambos costos, ese tamaño de lote se denomina: lote económico (EOQ). No obstante, dicho enfoque trabaja bajo las siguientes suposiciones:

- Tasa del artículo constante y se conoce con certidumbre.
- No hay restricciones sobre el tamaño del lote.
- Únicos costos relevantes: costo de ordenar y de mantener inventario.
- Las decisiones que se tomen para un artículo no afectan a las decisiones que se tome par otro artículo.
- El tiempo de entrega es constante y se conoce con certidumbre. Asimismo, la cantidad recibida llega en su totalidad y no por partes.

En la Figura 2 se puede observar el comportamiento del costo de mantener inventario, conforme aumenta el tamaño de lote (Q) aumenta el costo, sin embargo, ocurre lo contrario con el costo de ordenar ya que, conforme aumenta Q el costo disminuye, esto es debido a que, por ejemplo, si deben ordenarse 1200 unidades cada año y el tamaño de lote es de 100, entonces se emitirán 12 órdenes durante el año, pero, si el tamaño del lote aumenta, se emitirán menos órdenes, por ende, mi costo de ordenar también disminuye porque haré menos pedidos. En efecto, el comportamiento de la suma de dichos costos tiene una etapa en la que primero disminuye hasta alcanzar el punto de inflexión y luego comienza a incrementarse. Lo que se busca es calcular el valor de dicho punto inflexión que, en otras palabras, viene a ser el lote económico (EOQ).

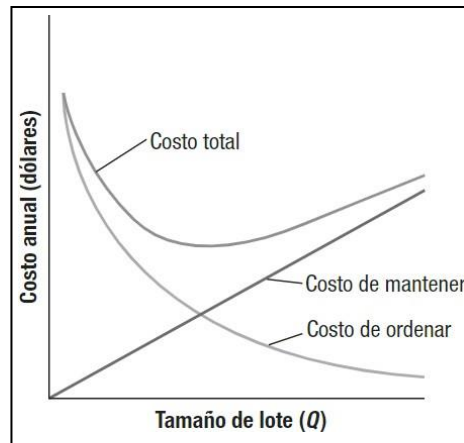


Figura 2: Ilustración del comportamiento de los costos de ordenar y de mantener
 Fuente: Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013)

La ecuación del costo total está representada por medio de la siguiente fórmula:

$$CT = \frac{Q}{2} * H + \frac{D}{Q} * S$$

Donde:

CT: Costo total

Q: Tamaño de lote

H: Costo de mantener inventario anual

D: Demanda

S: Costo de ordenar

Para poder calcular el valor de la cantidad económica de pedido (EOQ), de debe derivar la función del costo total (CT) respecto de Q e igualar a cero, es así que cómo se obtiene la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * S * D}{H}}$$

Donde:

EOQ: Tamaño de lote económico

H: Costo de mantener inventario anual

D: Demanda

S: Costo de ordenar

1.2.5.2 Cantidad fija a ordenar (FOQ)

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), la técnica FOQ establece que la cantidad a ordenar siempre es la misma y puede estar determinada por: límites de la capacidad del equipo, capacidad del camión, compra mínima o incluso puede determinarse con la fórmula del EOQ. La desventaja de este método consiste en que si las necesidades de un artículo, en un día en particular, son muy altas el FOQ puede ser insuficiente y se necesite pedir más.

1.2.5.3 Cantidad periódica a ordenar (POQ)

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), la regla de la cantidad periódica a ordenar consiste en emitir órdenes de compra en intervalos de tiempo ya predeterminados, como cada dos o tres semanas, a diferencia del FOQ es que se puede ordenar una cantidad distinta para cada orden emitida. Para determinar el tamaño de lote a ordenar se debe escoger la cantidad de periodos en las que se busca satisfacer la demanda, luego, se suman los requerimientos netos de la cantidad de periodos escogida.

1.2.5.4 Lote por lote (LxL)

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), esta técnica es un caso especial de la técnica POQ, consiste en ordenar sólo lo que se necesita en una semana, es decir, hoy pido la cantidad que necesitaré mañana, mañana pido lo que necesitaré el día después de mañana y así sucesivamente, asimismo tiene en cuenta que la cantidad a pedir será lo suficientemente grande para evitar faltantes. El objetivo de esta técnica es minimizar los niveles de inventario.

1.2.6 Sistemas de control de inventario

De acuerdo con Krajewski et al. (2013), la determinación del lote económico (EOQ) responde a la pregunta de: ¿Cuánto debemos ordenar? Sin embargo, un sistema de control de inventario debe responder también a la pregunta de: ¿Cuándo debemos ordenar? Es así que el autor presenta dos sistemas de gestión de inventarios, los cuales se presentan a continuación:

1.2.6.1 Sistema de revisión continua

También conocido como sistema de punto de reorden (ROP), el cual consiste en hacer un rastreo restante de un SKU cada vez que se hace un retiro del artículo y, en base a eso, determinar si es tiempo de emitir una orden. En otras palabras, en cada revisión se verifica si la cantidad es suficientemente baja como para iniciar una nueva orden. Para este sistema se tienen dos escenarios:

- Selección del punto de reorden con demanda y tiempo de entrega constantes
Este escenario se caracteriza por tener una demanda uniforme y constante (d), lead time (Lt) constante, asimismo, se pide una cantidad fija de Q (EOQ) unidades una vez que se haya llegado

al nivel mínimo de inventario necesario para emitir una orden, este nivel de inventario es conocido como: punto de reorden (R). Para calcular el punto de reorden se hace uso de la siguiente fórmula:

$$R = d \times Lt$$

- Selección del punto de reorden con demanda variable y tiempo de entrega constante

A diferencia del caso anterior, aquí la demanda es variable en el tiempo, por lo que es necesario realizar el cálculo con el promedio de las demandas en un periodo dado. Dicha incertidumbre de la demanda da lugar a la necesidad de tener inventarios de seguridad, por ende, para calcular el punto de reorden se debe recurrir a la siguiente fórmula:

$$R = d \times Lt + SS$$

Donde, SS = Stock de seguridad, el cual se explicará más adelante.

1.2.6.2 Sistema de revisión periódica

En este caso, se hace una revisión periódica del inventario de un artículo, estableciendo así una rutina, es decir, se establece un periodo de, por ejemplo, 2 semanas, en el cual cada 2 semanas se realiza una revisión del inventario. Cabe mencionar que este tiempo promedio entre órdenes permanece fijo y es llamado TBO. A diferencia del sistema continuo, el tamaño de lote Q puede variar de una orden a otra, ya que, lo que se busca en este caso es siempre tener un nivel meta de inventario de T unidades. Otra diferencia con el sistema de revisión continua es que este sistema sí tiene en cuenta la incertidumbre en la demanda. Para calcular el periodo entre revisión, expresado en semanas, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$TBO_{EOQ} = \frac{EOQ}{d} \left(52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \right)$$

Asimismo, para el cálculo del nivel del nivel meta de inventario (T) se hace uso de la siguiente fórmula:

$$T = (TBO + Lt) + SS$$

Cabe mencionar que las unidades del TBO deben ser iguales a las unidades de tiempo del Lead Time (Lt).

1.2.7 Nivel de servicio y Stock de seguridad

Según Schroeder et al. (2011), la empresa debe establecer un nivel de servicio deseado, el cual puede ser expresado de 3 maneras:

- a.) Probabilidad de que todas las órdenes se cumplan a partir del inventario durante el tiempo de espera para el reabastecimiento dentro de un ciclo de reorden.
- b.) Porcentaje de la demanda que se satisface a partir del inventario en un determinado periodo.
- c.) Porcentaje del tiempo que el sistema tiene inventario disponible.

Asimismo, este porcentaje o probabilidad está asociado con el factor de seguridad (Z), es decir, para para nivel de servicio existe un factor de seguridad, éste último es el que se usará en el cálculo del stock de seguridad (SS), en el **anexo 2** se puede observar una tabla con los valores del factor de seguridad para cada nivel de servicio.

Por otro lado, Ballou (2004) menciona que el stock de seguridad se crea como protección contra la variabilidad de la demanda de existencias y tiempo de aprovisionamiento. Esta medida extra de inventario es adicional a las existencias regulares, además, dicha cantidad a mantener depende de la variabilidad de la demanda y del nivel de servicio deseado, es así que para determinar el stock de seguridad se debe hacer uso de la siguiente fórmula:

$$SS = Z\sigma$$

Donde:

SS: Stock de Seguridad

Z: Factor de seguridad

σ : Desviación estándar de la demanda

Sin embargo, si además se presenta variabilidad en los tiempos de entrega (lead time), la fórmula de la desviación estándar cambia, debiendo usarse la siguiente expresión:

$$\sigma' = \sqrt{Lt * \sigma_{demanda}^2 + \bar{d}^2 * \sigma_{Lt}^2}$$

Donde:

σ' : Desviación estándar combinada

Lt: Lead time

$\sigma_{demanda}^2$: Varianza de la demanda

\bar{d} : Demanda promedio

σ_{Lt}^2 : Varianza del Lead time

1.3 Investigación de operaciones

Según Taha (2017), la investigación de operaciones tuvo sus inicios durante la Segunda Guerra Mundial, los científicos de esa época buscaban obtener una mejor utilización de sus recursos bélicos,

acabada la guerra, estas formulaciones se adaptaron para usarse en diferentes sectores e industrias. Asimismo, sostiene que la investigación de operaciones comprende aspectos tales como modelado matemático, optimización y cálculos algorítmicos iterativos, sin embargo, añade que para su aplicación se deben tomar en cuenta factores no cuantificables como el comportamiento humano.

1.3.1 Programación lineal (PL)

De acuerdo con Hillier & Lieberman (2015), la programación lineal, pertenece al campo de la investigación de operaciones, asimismo, es considerado uno de los avances científicos más importantes del siglo XX y que, a su vez, ha permitido lograr ahorros de millones de dólares en muchas compañías. Por otro lado, añade que, la palabra “lineal”, hace referencia que todas las funciones del modelo son lineales y que, la palabra “programación”, en esencia significa planeación, en resumen, la programación lineal consiste en encontrar los valores de las variables que maximicen o minimicen la función objetivo sin violar las restricciones del sistema. Taha (2017), sostiene que todo modelo de programación lineal tiene 3 componentes básicos:

- Variables de decisión, son aquellas variables que se quieren determinar.
- Función objetivo, también conocida como la meta, es lo que se busca optimizar, por lo general se busca maximizar las utilidades o minimizar los costos, no obstante, no son las únicas opciones.
- Las restricciones, son las relaciones entre las variables de decisión y los recursos que se disponen, asimismo, limitan los valores que pueden tomar las variables de decisión.

A continuación, se muestra un ejemplo del planteamiento de un modelo de programación lineal:

- La empresa Discovery S.A. se dedica a la venta de bancos de madera y sillas de madera y, por la venta de cada una de ellas obtiene una ganancia de 5 UM y 4 UM respectivamente. Asimismo, se sabe que para fabricar un banco necesita 3 horas – hombre, y 4 horas – hombre por una silla de madera, por otro lado, por cada banco necesita 5 tablas y por cada silla necesita 3 tablas. Semanalmente la empresa cuenta con 96 horas – hombre disponibles y 50 tablas, desarrolle un modelo de programación lineal que permita maximizar las utilidades.

Variables de decisión:

- X1: Cantidad de bancos a fabricar durante la semana
- X2: Cantidad de sillas a fabricar durante la semana

$$\text{Maximizar Utilidades} = 5x_1 + 4x_2 \text{ (función objetivo)}$$

Sujeto a:

$$3x_1 + 4x_2 \leq 96 \text{ (limitante de horas – hombre)}$$

$$5x_1 + 3x_2 \leq 50 \text{ (limitante de materia prima)}$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ (restricción de no negatividad)}$$

Como se puede observar, en el modelo presentado existen 2 variables de decisión y 3 restricciones, la última restricción es conocida como *restricción de no negatividad*, esta última es una restricción obligatoria y que debe ir en todos los modelos ya que su función es la de limitar a que los valores de las variables sólo puedan ser números positivos.

1.3.2 Programación entera y programación entera mixta

Según Hillier & Lieberman (2015), la diferencia entre la programación lineal y la programación lineal entera radica en que, ésta última, requiere que las variables de decisión sólo puedan tomar valores enteros, por ejemplo, cuando se necesita producir una determinada cantidad de autos, el resultado final no puede ser 5.5, porque no sería posible ensamblar 5.5 autos, en ese caso, el modelo debe determinar si es 6 o 4. Por otro lado, dentro del campo de la programación entera, existe un tipo de problemas que busca responder preguntas como ¿Debe comprarse el material A? ¿En qué proyectos se deben invertir para maximizar las ganancias? Debido a la naturaleza las respuestas, sólo se admiten 2 valores: si o no. A continuación, se muestra una representación numérica:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{si la decisión } j \text{ es sí} \\ 0, & \text{si la decisión } j \text{ es no} \end{cases}$$

Este tipo de variables son llamadas variables binarias y, a menudo, son empleadas para la toma de decisiones. Por otro lado, los modelos que emplean este tipo de variables binarias y variables enteras o no enteras son llamados modelos de programación mixta. A continuación, se muestra un ejemplo de un modelo de programación lineal entera mixta:

- Tres empresas de telecomunicaciones le han contactado par que se suscriba a su servicio de larga distancia. Entel cobra una cuota fija de 16 UM por mes y 0.25 UM por minuto. Movistar cobra 25 UM por mes y 0.21 por minuto. En cuanto a Claro, cobra una cuota fija mensual de 18 UM mensual y 0.22 UM por minuto. Por lo general utiliza 500 minutos de llamadas de larga distancia al mes. Asumiendo que no tiene que pagar la cuota fija mensual a menos que realice llamadas y que puede repartir los minutos entre las 3 compañías según su necesidad, si quiere minimizar su pago mensual, ¿cómo debería utilizar las 3 empresas? (Tomado del Taha, 2017)

Variables de decisión:

- o X1 = Minutos de larga distancia de Entel por mes
- o X2 = Minutos de larga distancia de Movistar por mes

- X_3 = Minutos de larga distancia de Claro por mes
- Y_1 = decisión de aceptar los servicios de Entel, 1 en caso de aceptar, 0 en caso de rechazar
- Y_2 = decisión de aceptar los servicios de Movistar, 1 en caso de aceptar, 0 en caso de rechazar
- Y_3 = decisión de aceptar los servicios de Claro, 1 en caso de aceptar, 0 en caso de rechazar

$$\text{Minimizar pago} = 0.25x_1 + 0.21x_2 + 0.22x_3 + 16y_1 + 25y_2 + 18y_3$$

Sujeto a:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 200$$

$$x_1 \leq M * y_1$$

$$x_2 \leq M * y_2$$

$$x_3 \leq M * y_3$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

$$y_1, y_2, y_3 = \{0,1\}$$

Como se puede observar en el modelo, existen 3 restricciones que tienen una M en el lado derecho de la función, este artificio se hace con el objetivo de asegurar que el valor de Y_j es igual a 1 cuando X_j es positivo, asimismo, el valor de M debería ser suficientemente grande para no limitar artificialmente la variable X_j , un posible valor de M sería 200 ya que es la cantidad promedio de minutos por mes.

1.4 Planificación de requerimientos de materiales (MRP)

Según Nahmías (2014), el plan de requerimiento de materiales (MRP) es un programa detallado de los componentes de los productos terminados especificados en el plan maestro de producción (PMP). Por otro lado, según Castillo (2020), la MRP también especifica las cantidades y momentos en los que se debe solicitar y/o producir los componentes a usar en el proceso de fabricación buscando la minimización de los costos, asimismo, muestra una serie de aplicaciones del MRP en empresas pertenecientes a diversas industrias, así como también las ventajas que tiene usar un software para su implementación y ejecución.

1.5 Teoría de restricciones (TOC)

Según Goldratt (1995), una empresa puede tener muchos objetivos o propósitos, no obstante, su única y verdadera meta es la de ganar dinero y, debe concentrar todos sus esfuerzos en plantear y ejecutar mejoras que le ayuden a acercarse a su meta. Asimismo, para poder medir el desempeño de una empresa, a nivel operativo, establece los siguientes indicadores:

- *Throughput*: Hace referencia a la tasa de ventas y/o ingresos (precio de venta – costos) que genera el sistema, se refiere específicamente a los bienes vendidos y no a los producidos.
- Inventario: Es el dinero invertido en la compra de materiales o cosas que la empresa piensa vender.
- Gastos operativos: Es el dinero que la empresa gasta para transformar el inventario en ingresos netos (*Throughput*).

Por otro lado, establece un proceso de mejora continua por medio de la aplicación de los siguientes pasos:

1. Identificar la restricción del sistema, es decir, buscar la operación o proceso que restringen la capacidad del sistema; una vez identificado, este proceso es definido como el cuello de botella.
2. Analizar la restricción encontrada y buscar formas de maximizar la tasa de salida del recurso cuello de botella.
3. Subordinar todo a la decisión tomada en el paso anterior, es decir, los procesos que no forman parte del cuello de botella deben estar subordinados y producir en función del recurso cuello de botella.
4. Elevar la restricción, en caso de que el proceso cuello de botella siga siendo el mismo, considerar incrementar la capacidad del mismo.
5. Si se consiguió eliminar la restricción, volver al primer paso.

Por otro lado, Chase y Jacobs (2018) añade que, en un sistema, no se debe buscar equilibrar las capacidades de cada proceso, sino que se debe equilibrar el ritmo de producción en todo el sistema, es decir, asimismo, resume los conceptos de: cuello de botella, capacidad, canal despejado y recurso restringido por la capacidad (RRC), de la siguiente manera:

- Cuello de botella: es el recurso, operación o proceso cuya capacidad restringe la capacidad máxima del proceso o, en otras palabras, su capacidad es menor que la demanda.
- Capacidad: es el tiempo destinado a la producción, este tiempo excluye mantenimiento y otros tiempos sin trabajar.
- Canal despejado: es cualquier recurso cuya capacidad excede a la demanda.

- Recurso restringido por la capacidad (RRC): es el recurso que, si no se programa cuidadosamente, podría convertirse en cuello de botella.

1.6 Lean Manufacturing

El concepto de *Lean Manufacturing* no puede ser explicado sin antes haber definido dos conceptos: valor agregado y desperdicio. De acuerdo con Villaseñor (2009), los define de la siguiente manera:

- Valor agregado: Valor es todo aquello el cliente interno o externo desea obtener, es decir, responde a la siguiente pregunta: ¿Qué es lo que el cliente espera de este proceso?
- Desperdicio: Bajo el concepto de valor previamente definido, desperdicio es toda actividad que no agrega valor al proceso y, por el cual, el cliente no está dispuesto a pagar. Asimismo, se pueden identificar 7 tipos de desperdicio:
 - Sobreproducción
 - Espera
 - Transporte innecesario
 - Sobreprocesamiento
 - Inventarios
 - Movimiento innecesario
 - Productos defectuosos

De acuerdo con Luis Socconni (2019), *Lean Manufacturing* es un proceso sistemático y continuo que busca identificar y eliminar aquellas actividades que no agregan valor (desperdicios), para forjar empresas más competitivas, eficientes e innovadoras. Asimismo, añade que la eliminación de los desperdicios se lleva a cabo mediante el esfuerzo y trabajo de un equipo comprometido, organizado y capacitado.

1.6.1 SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

Según Villaseñor (2009), el término *Single Minute Exchange of Die* (SMED), hace referencia a la teoría y técnicas para realizar los procedimientos de cambio de formato o preparación en menos de diez minutos. Asimismo, según Shingo (1997), dentro de esta metodología existen 2 tipos de operaciones:

- Operaciones internas, son aquellas que se pueden realizar sólo cuando la máquina o línea está detenida.
- Operaciones externas, son aquellas que se pueden ejecutar mientras la máquina o línea está operativa.

Por otro lado, de acuerdo con Socconini (2019), algunas de las actividades necesarias para la implementación de SMED son las siguientes:

1. Observar y medir el tiempo total de cambio (este tiempo es comprendido desde que sale el último producto del lote anterior hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote).
2. Identificar y separar las actividades internas de las externas.
3. Convertir las actividades internas en externas.
4. Eliminar desperdicio de las actividades internas.
5. Eliminar desperdicio de las actividades externas.
6. Estandarizar y mantener el nuevo procedimiento.

1.6.2 Heijunka

De acuerdo con Villaseñor (2009), *Heijunka* es un método de planificación y nivelación de la demanda. Asimismo, Socconini (2019) agrega que *Heijunka* también actúa como una herramienta de control, variando la carga de trabajo en las operaciones de la empresa, además, sostiene que con su implementación se logran los siguientes beneficios:

- Sobreproducción.
- Establece un sistema jalar.
- Nivelación de la producción del sistema.

Por otro lado, Krajewski et al. (2013), sostiene que el nivelado de la carga de producción es por volumen y mezcla de productos, es decir, la programación no se hace en función del flujo real de las órdenes de los clientes, sino que se equilibra el volumen total en un periodo de tiempo, de tal manera que por cada día se fabrique la misma cantidad y mezcla de productos.

1.8 Herramientas de análisis y diagnóstico de procesos

En el presente subcapítulo, se hará una descripción de las herramientas que usarán en el presente trabajo de investigación para realizar el análisis y diagnóstico de los procesos de la empresa.

1.8.1 Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

De acuerdo con López, Alarcón y Rocha (2014), es un diagrama cuyo objetivo es mostrar de manera secuencial y cronológica todas las operaciones e inspecciones de un proceso de fabricación o administrativo, adicionalmente muestra los tiempos y los materiales que se usan en el proceso. En el **anexo 3** se muestra la simbología usada.

1.8.2 Diagrama causa y efecto – Ishikawa

Según Castillo (2020), el diagrama de Ishikawa, es un método gráfico para encontrar la verdadera causa raíz de un problema y, para ello, se usa un esquema que tiene forma de pescado con 6 espinas, cada espina representa un tipo de causa, es decir, de todas las posibles causas que se pueden encontrar, se pueden relacionar con: mano de obra, materiales, método, medio, máquina y medición. A continuación, en la figura 3, se muestra un diagrama causa – efecto:

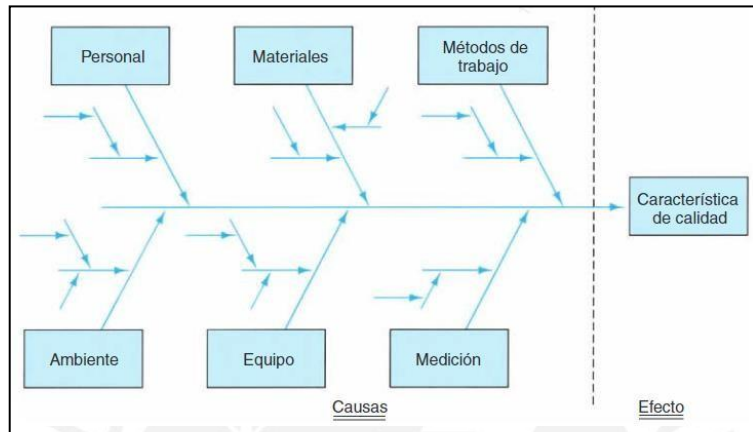


Figura 3: Diagrama de causa - efecto
Fuente: Besterfield (2009)

1.8.3 Diagrama de Pareto

Según Castillo (2020), el diagrama de Pareto es una representación gráfica, ordenando los valores de manera ascendente, que busca medir el impacto que tienen, por ejemplo, las ventas de un determinado grupo de productos, logrando identificar así que, muchas veces un 20% de los productos (continuando con el ejemplo) logran ser el 80% de la facturación total de las ventas. En base a esa información se podrán establecer acciones para, por ejemplo, siempre tener inventarios de esos productos, en la figura 4 se muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto.

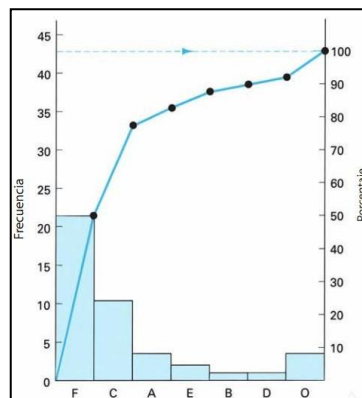


Figura 4: Tipos de falla en el campo
Fuente: Besterfield (2009)

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En este capítulo, se hará una descripción de la empresa en estudio, presentando información general sobre la organización, productos, principal proceso productivo, maquinaria y apoyo informático.

2.1 Descripción general de la empresa

La empresa en estudio, la cual llamaremos Tesla Bakery S.A, se dedica principalmente a la fabricación y comercialización de pastas y harinas, sin embargo, también produce y comercializa galletas, caramelos, chocolates, avenas, alimentos para mascotas y conservas de atún, en la tabla 1 se puede observar un listado de las plantas, ubicaciones y los productos que fabrica. Para efectos del trabajo de investigación, sólo se hará el estudio para la fabricación de galletas, siendo este un mercado en el cual viene trabajando desde hace más de 20 años ofreciendo una gran variedad de productos a través de sus reconocidas marcas. Por otro lado, Tesla Bakery S.A. es parte de una compañía transnacional cuya sede administrativa principal se encuentra en Chile, siendo esta última una compañía con presencia en más de 30 países divididos en: Latinoamérica, Centroamérica, Norte América y Asia.

Tabla 1: Listado de plantas, distritos y productos de Tesla Bakery S.A.

Nombre de la planta	Distrito/Provincia	Productos
P. Galletas, confites y chocolate	Los Olivos	Galletas, wafer, bizcocho
P. Caramelos, chocolates, mermeladas	Los Olivos	Chocolates, caramelos, chupetes, toffee, gomitas, entre otros.
P. Avenas y conservas	Callao	Avenas en distintas presentaciones (avena + quinua, avena + maca, entre otros), conservas de atún
P. Comida para perros	Lurigancho	Alimento para mascotas
P. Pastas y harinas	Cercado de Lima	Pastas y harinas

Fuente: La empresa

La planta galletas, donde se desarrollará el trabajo de investigación, cuenta con 11 líneas de producción, 4 líneas destinadas a la fabricación de wafer, 3 de galletas, 1 de bizcocho, 1 de barquillo, 1 de barras, 1 de extruídos. Además, cuenta con más de 900 trabajadores en planilla (incluyendo operarios, analistas, gerente, supervisores, entre otros). Debido a la gran demanda de sus productos, la planta opera 6 días a la semana (de lunes a sábado) en 3 turnos rotativos de 8 horas cada uno. Por otro lado, la empresa tiene

implementado el sistema de inocuidad alimentaria HACCP, Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Buenas Prácticas de Almacenamiento (BPA), de esta manera demuestra su compromiso por brindar un producto de calidad poniendo en primer lugar al cliente.

2.2 Perfil organizacional y principios empresariales

La empresa se caracteriza por tener un perfil expansivo, buscando siempre una mayor participación en el mercado con cada producto o marca que crea. Asimismo, está respaldada por tres características estratégicas muy importantes: un portafolio de marcas fuertes, constante innovación y una cultura de valores. A continuación, se presenta la visión, misión y valores de la empresa:

a) Visión

Ser la compañía de consumo masivo más respetada y valorada del Perú.

b) Misión

Siempre damos lo mejor de nosotros para que las personas disfruten más de la vida.

c) Valores

Dentro de los valores con los que se identifica la empresa tenemos:

- Respeto, mantienen una cultura de respeto hacia sus trabajadores, proveedores y clientes.
- Sobriedad y eficiencia, no sólo buscan dar un producto de calidad, buscan hacerlo al menor costo posible administrando de manera eficiente todos los recursos.
- Honestidad, valor muy importante siendo la base para poder ejecutar cualquier tipo de trabajo dentro y fuera de la empresa.
- Pasión por el trabajo bien hecho.

Por otro lado, cabe mencionar que la compañía busca que sus colaboradores se alineen con los valores, de la empresa a través de evaluaciones internas anuales, con el fin de asegurar el cumplimiento de la misión y visión.

2.3 Organización de la empresa

El organigrama de la planta galletera está caracterizado por una cadena de mando jerárquica definida hacia abajo, en la figura 5 se puede observar el esquema organizativo. Adicionalmente, se observa que el Jefe de Planta, quien reporta directamente al Subgerente de operaciones, lidera cuatro jefaturas: jefe de producción Área 1, jefe de producción Área 2, Ingeniero de procesos y Planificador de la producción.

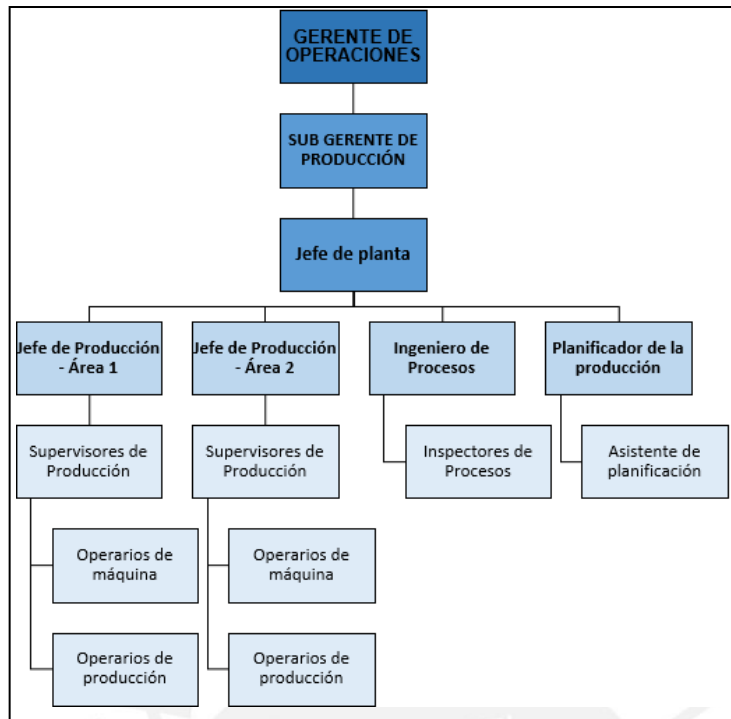


Figura 5: Organigrama de planta galletas
Fuente: La empresa

Por otro lado, se puede observar que existen dos tipos de operarios: operarios de producción y operarios de máquina (maquinistas). Los operarios de producción son polifuncionales, pueden realizar cualquier otra actividad como, por ejemplo, jalar paletas, llenar bandejas, inspeccionar o cualquier otra actividad que no involucre la manipulación de una máquina. Por otro lado, los operarios de máquina suelen tener estudios relacionados a mecánica o mantenimiento, no obstante, un operario de producción puede ser capacitado y, dependiendo de su desempeño, puede convertirse en un maquinista.

2.4 Productos

La planta de confites produce 4 tipos de productos los cuales se pueden observar en la figura 6, asimismo, dentro de cada clasificación, ya sea de galletas o wafer, podemos encontrar una variedad de sabores tales como fresa, lúcuma, chocolate, menta, entre otros.

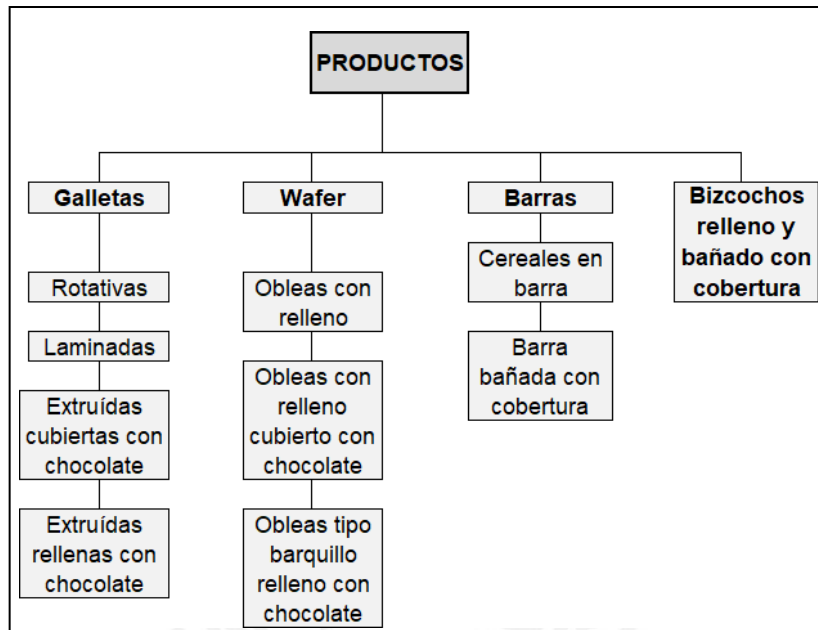


Figura 6: Clasificación de los productos

Fuente: La empresa

- Galletas: Dentro de esta categoría encontramos 4 tipos de productos las cuales son clasificadas de acuerdo al tipo de proceso que siguen para su fabricación:
 - Galletas rotativas: la masa de galletas pase inicialmente por un proceso donde es granulada y molida antes de pasar por la moldeadora rotativa que da forma a las galletas antes de que sean cocidas en el horno industrial.
 - Galletas laminadas: Esta tecnología está basada en el procesamiento de la masa después del amasado (laminación de la masa mediante laminadora).
 - Extruidas: Esta tecnología está basada en el procesamiento de la masa después del amasado (laminación de la masa mediante laminadora).

- Wafer: A diferencia de las galletas, aquí encontraremos 3 clases:
 - Obleas con relleno: Oblea es una hoja delgada de harina con las siguientes dimensiones: 34 mm x 32mm, aquí el producto está compuesto por tres obleas y, entre ellas, crema.
 - Obleas con relleno cubierto con chocolate: Consiste en tres obleas rellenas con crema pero que además está cubierto con chocolate.
 - Obleas rellenas tipo barquillo: El producto aquí tiene la forma de un cilindro con relleno de chocolate.

- Barras: Para la clase barras se encuentran dos tipos:
 - Cereales en barra: Los cereales en barra están hechos de cereales pero que adicionalmente se les agrega maní, avena u otros ingredientes para así darle un sabor diferente a cada sabor.
 - Barra bañada con cobertura: Presenta la misma composición que los cereales en barra y además presenta cobertura de chocolate.
- Bizcocho: Es un tipo de queque hecho a base de harina, huevo, azúcar, levadura, que posteriormente es bañada en chocolate y, algunas presentaciones, se les adiciona grajeas.

2.5 Procesos

En términos administrativos, la empresa gestiona una gran variedad de procesos, los cuales están estrechamente relacionados y están agrupados en 3 grandes macro procesos: estratégicos, de negocio y de soporte. En el **anexo 4** se puede observar un gráfico con los 3 macro procesos anteriormente mencionados, asimismo, en la figura 7 se muestra el macro proceso de negocio de la empresa.

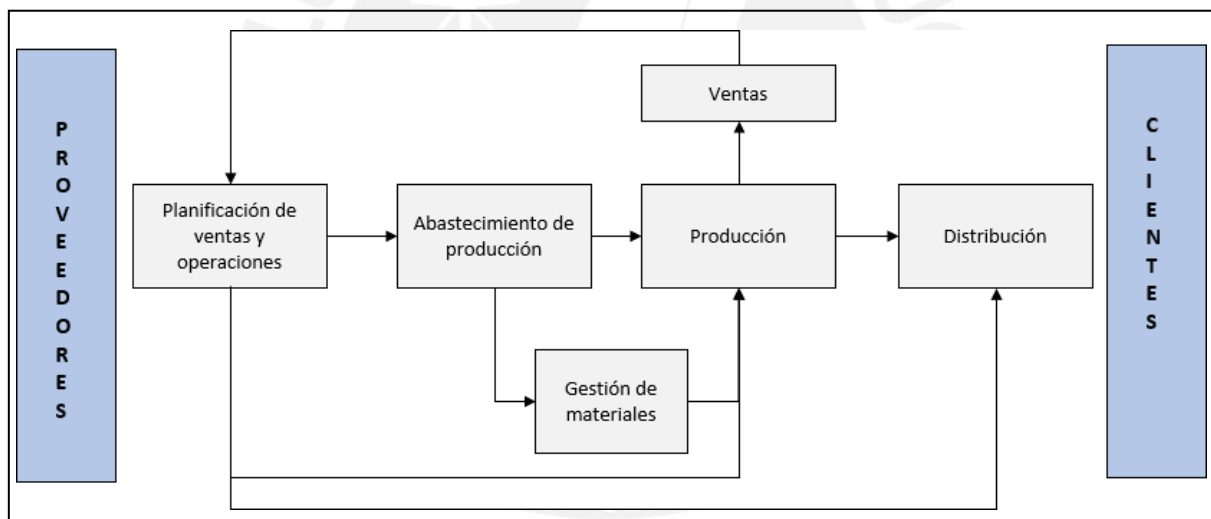


Figura 7: Macro proceso de negocio

Fuente: La empresa

Asimismo, en las figuras 8 y 9 se presentan los diagramas de flujo de los procesos de compras – almacenamiento y de distribución respectivamente, con el fin de mostrar un mejor panorama de los procesos que forman parte del proceso de negocio de la empresa. Más adelante se detalla el proceso de planificación de la producción y del proceso productivo del producto representativo ya que son los procesos de interés.

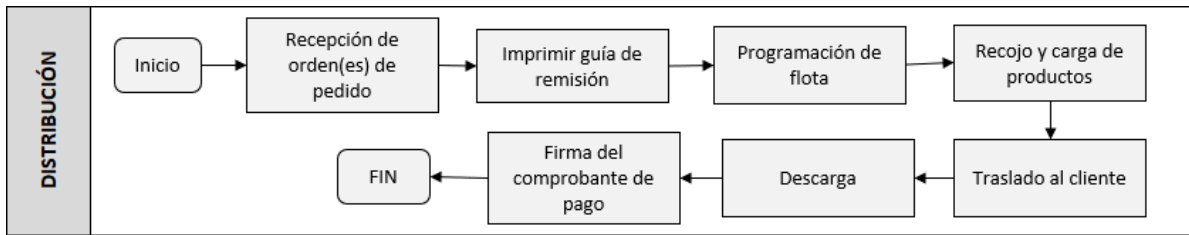


Figura 8: Proceso de distribución – transporte
Fuente: La empresa

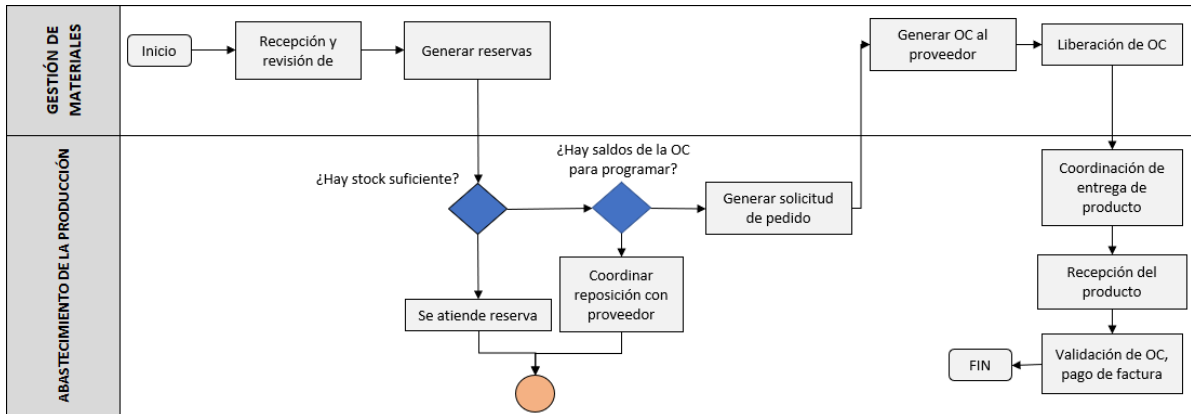


Figura 9: Proceso de compra – almacenamiento
Fuente: La empresa

2.5.1 Descripción del proceso de planificación de la producción

Para realizar la planificación de la producción se necesita información de 3 áreas: Producción, Supply Chain y Mantenimiento. Cada una de las áreas tiene un rol muy importante y trabajan conjuntamente para poder aprovechar al máximo los recursos y activos que tiene la planta. A continuación, en la figura 10 se muestra el diagrama de flujo del proceso de planificación de la producción y posteriormente se detallan los pasos.

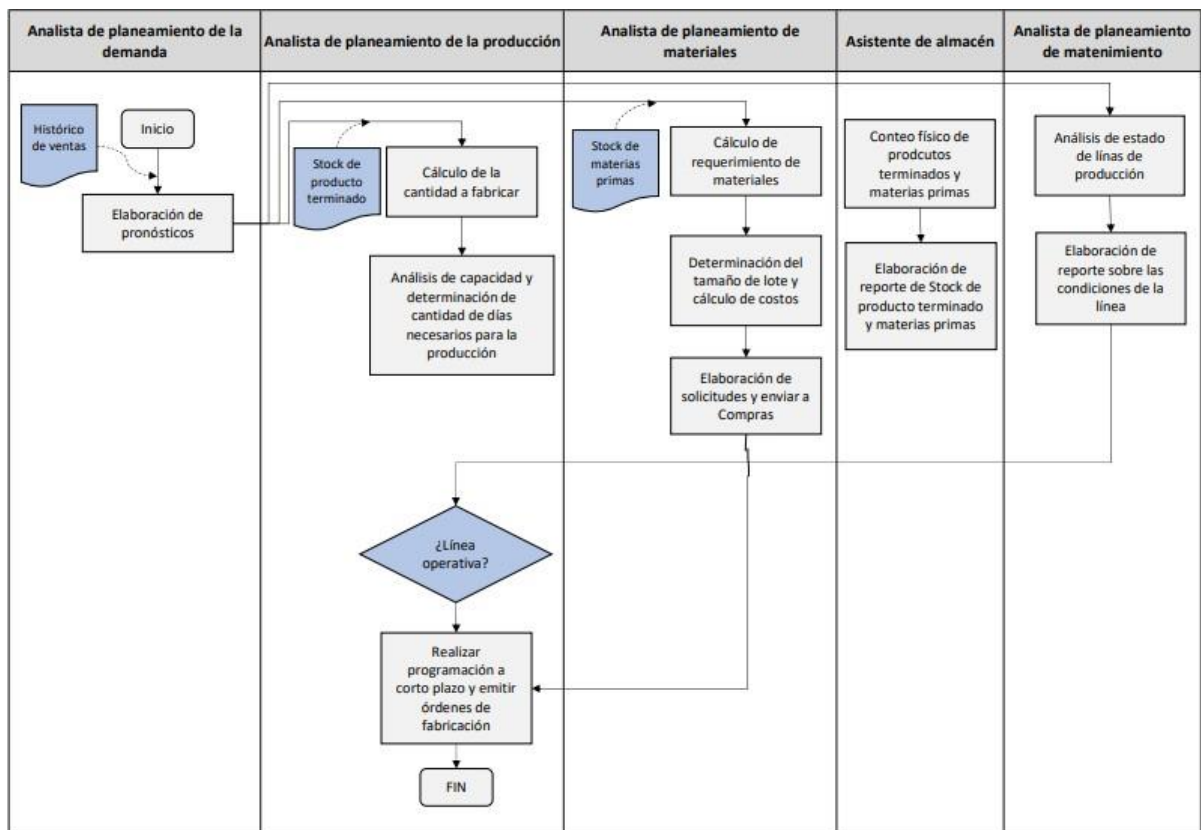


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de planificación de la producción
Fuente: La empresa

- Elaboración de pronósticos: El analista de planeamiento de la demanda, perteneciente al área de Supply Chain, realiza el pronóstico de las ventas en base al histórico de productos vendidos, luego, las proyecciones son enviadas a los planificadores de la producción, materiales.
- Análisis de Stocks de productos terminados y cálculo de faltantes: El planificador de la producción se encarga de revisar el Stock de productos terminados a través del programa SAP; posteriormente, compara la cantidad demandada con el Stock actual de producto terminado (también se tiene en cuenta el stock de seguridad), la diferencia es la cantidad que debe producir. Asimismo, según la cantidad que se requiere producir, realiza el análisis de capacidad y calcula cuántos días necesitará para completar la producción.
- Cálculo de cantidad de materiales a necesitar: El planificador de materiales realiza su cálculo de requerimientos base al pronóstico elaborado por el analista de planeamiento de la demanda, luego, verifica el *stock* de materias primas para determinar cuánto necesita y luego determinar el tamaño de lote.

- d) Cotizar y pedir materiales faltantes: Luego de tener las cantidades de materias primas e insumos que necesita la planta, se procede a calcular los costos de los requerimientos luego, se elabora una solicitud el cual es enviado al área de Compras para emitir las respectivas órdenes de compra, previa aprobación del Jefe de Compras.
- e) Elaboración de lista de fechas de entrega de materiales solicitados: Después de la cotización, el área realiza una lista, en orden ascendente, de las fechas de entregas las materias primas y un informe sobre las cantidades solicitadas y costos. Dicho informe es entregado al planificador para poder realizar la planificación según los materiales que tiene en planta y los que están próximos a llegar.
- f) Análisis de equipos: El análisis de equipos y maquinarias es llevado a cabo por el área de mantenimiento, el área recibe información de los pronósticos y revisan qué líneas serán necesarias para fabricar dichos productos, asimismo, estiman el tiempo en que estaría acabando la producción para luego ejecutar los planes de mantenimiento. Sin embargo, si alguna de las líneas tiene una máquina que no puede operar debido a que se encuentra en mantenimiento o le falta algún componente para funcionar es reportado al planificador además se le informa sobre la fecha en que la línea estaría disponible para funcionar.
- g) Programación según disponibilidad de línea y materiales: Si se cuenta con disponibilidad de la línea y materiales se procede a realizar la programación y a emitir las órdenes de fabricación. El criterio para escoger la secuencia en la que se debe producir es en función de la cantidad demandada, el producto con mayor demanda es el primero en programarse.

2.5.2 Descripción del principal proceso productivo

Como ya se mencionó antes, la empresa Tesla Bakery S.A produce galletas, wafer y bizcochos, sin embargo, sólo se procederá a presentar el proceso productivo del wafer ya que es el producto estrella de la empresa, en el **anexo 5** se muestra el DOP de la elaboración del producto. A continuación, se describe el proceso de producción de wafer desde que la recepción de la materia prima:

- a) Recepción de materia prima: La recepción de materias primas e insumos se dan en el almacén de materiales, todos los productos ingresan con la documentación del análisis microbiológico y físico químico, el cual, luego es evaluado por el área de control de calidad, paralelamente, se ingresan los SKUS al sistema SAP y permanece en Status, “Control de Calidad”, hasta que los analistas realicen la verificación respectiva y den su aprobación o rechazo.

- b) Pesado de aditivos mayores: Los aditivos mayores son los que se usan en mayor cantidad dentro de la fórmula de cada producto y son pesados en un área destinada para ello. La harina es ingresada directamente debido al volumen que se usa en el proceso.
- c) Pesado de aditivos menores: La compañía ya tiene un listado de los productos que son considerados como “aditivos menores”, y estos son trasladados a un área diseñada especialmente para su pesado y sólo personal capacitado puede hacerlo; una vez pesados son distribuidos a las líneas de acuerdo al programa de producción. La principal característica de estos insumos es que su peso suele ser menor a 5 kg, asimismo, además, se usan en diferente proporción para cada producto, ya que brindan características particulares.
- d) Preparación de masa de la oblea: Proceso en el cual se combina, según fórmula, los aditivos mayores y menores para la obtención de una masa poco densa característica de la oblea para lo cual se hace uso de una batidora industrial en un tiempo aprox. de 130 segundos (obleas rellenas) o 310 segundos (Obleas revestidas con cobertura sabor a chocolate), teniendo en cuenta el cumplimiento del tiempo de escurrido de la masa o densidad y una temperatura de masa máxima de 25°C (obleas rellenas) o temperatura de masa de 21-23°C (Obleas revestidas con cobertura sabor a chocolate).
- e) Preparación de la crema (Obleas rellenas): Proceso en el cual se combina según fórmula los aditivos mayores, menores y cuando lo hubiere, el reproceso. Todo este proceso se hace en una batidora industrial diferente a la de la masa, los cuales van a dar lugar al relleno de la oblea en un tiempo aprox. de 508 seg. (1era etapa: 158 seg, 2da etapa: 350 seg).
- f) Horneado: Luego de dosificada la masa a los libros o moldes estos comienzan su recorrido por el horno automático en forma continua entre un rango de temperatura y velocidad que depende de la línea de proceso y de la humedad del producto al final del horneado, para obleas rellenas la temperatura mínima en cada horno será de 100°C. El tiempo aproximado de horneado es de 2 minutos.
- g) Enfriado: Etapa en la cual las obleas recién salidas del horno pasan por un arco de enfriamiento o faja transportadora el cual está a temperatura ambiente, el tiempo dependerá de la velocidad asignada a la línea. Es en esta etapa donde se envía una muestra al laboratorio para verificar la humedad de la hoja y se encuentre dentro de los parámetros establecidos.
- h) Encremado: Antes de esta etapa las obleas son pasadas por un sensor que determina el número de hojas que deberá tener el producto y cuales deberán ser dosificadas con crema. Estas obleas luego son pasadas al proceso de encremado, el cual consiste en que las obleas sean untadas con la crema la cual es dosificada por un equipo impulsor.
- i) Formación del sandwich (obleas rellenas): Las obleas que salen del encremador son pasadas por un sensor el cual determina la cantidad de capas y el peso adecuado según el formato que se está trabajando, los sándwiches así formados pasan por el rodillo de apriete cuya función es fijar la crema en el sándwich y dar una altura standard de acuerdo al formato.

- j) Enfriado (obleas rellenas): Una vez formado el sándwich este debe pasar por el refrigerador el cual está a una temperatura de 4 - 10°C (según la línea) con el fin de cristalizar la crema, el tiempo de permanencia del producto en el refrigerador dependerá de la velocidad asignada al equipo.
- k) Recorte (obleas rellenas): En esta etapa se le recorta los contornos al sándwich, el picadillo o recorte generado es almacenado en bandejas para usarlo posteriormente previo refinado como reproceso.
- l) Cortado (obleas rellenas): Una vez recortado y emparejado los lados del sándwich se proceden a realizar los cortes de los sándwiches según formato predeterminado de acuerdo al producto.
- m) Envasado: El producto terminado ingresa a las máquinas empacadoras para ser envasados con material de empaque bilaminado BOPP (Cristal, metalizado), se coloca la fecha de vencimiento (DD MM AA), número de máquina y turno, luego son colocados en bolsas formando six pack o en displays de acuerdo a la presentación del producto (se coloca la fecha de vencimiento (DD MM AA), número de máquina y turno).
- n) Encajado: Las bolsas o displays son colocados en cajas de cartón corrugado de acuerdo a la presentación de cada producto, las cajas de cartón son identificadas con una etiqueta que contiene: el código SAP, marca, nombre y presentación del producto, nombre de la empresa, condiciones de almacenamiento, código de barra y fecha de vencimiento; este último dato va a facilitar la rotación del producto terminado, utilizando el sistema FIFO.
- o) Paletizado: Las cajas son apiladas sobre pallets siguiendo la distribución indicada en la especificación del producto terminado, el producto ya apilado es envuelto con stretch film para luego ser almacenado en el almacén correspondiente hasta su distribución y comercialización.
- p) Almacenamiento Los productos encajados y paletizados son llevados al almacén de producto terminado donde se van a conservar a temperatura ambiente o temperatura controlada de 20°C y 70% de humedad, dependiendo del producto hasta el momento de su distribución.

2.5.3 Indicadores del área de producción

Dentro del área de Producción, se integran 2 sub áreas: planeamiento de la producción y producción. Para poder medir y analizar el rendimiento del área productiva, se establecieron una variedad de indicadores, los cuales se enlistan en la tabla 3, asimismo, cabe mencionar que, según lo establecido por la empresa, algunos indicadores varían de acuerdo a la línea de producción debido a que funcionan con diferentes parámetros tales como velocidad, temperatura, entre otros. Algunos de los indicadores presentados en la tabla 3 son analizados posteriormente en el capítulo 3 del presente trabajo de investigación.

Tabla 2: Indicadores del área de producción

Área relacionada	Indicador	Fórmula	Tipo de meta	Meta mensual
Seguridad	#Accidentes	#Accidentes	Fija	0
Seguridad	%Cumplimiento de SOC*	$\frac{\#Operarios \text{ que hicieron SOC}}{\#Operarios \text{ totales}} \times 100$	Fija	100%
Planeamiento	Cumplimiento del plan de producción	$\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}} \times 100$	Fija	100%
Planeamiento	Cambios en el plan de producción	Cantidad de veces que se realizó un cambio en el plan de producción	Fija	2
Planeamiento	Inventario final de producto terminado	Cantidad de producto terminado en almacén	Variable	Mínimo: Stock de seguridad
Planeamiento	%Cumplimiento de Horas Hombre	$\frac{\text{Horas hombre reales}}{\text{Horas hombre planificadas}} \times 100$	Variable	-
Planeamiento	EGE	Disponibilidad x Calidad x Rendimiento	Variable	-
Planeamiento	%consumo de materiales	$\frac{\text{kilogramos materiales consumidos}}{\text{kilogramos materiales planificados}}$	Variable	-
Producción	Merma	$\frac{\text{kilogramos botados}}{\text{kilogramos producidos}} \times 100$	Variable	-
Producción	Reproceso	$\frac{\text{kilogramos defectuosos}}{\text{kilogramos producidos}} \times 100$	Variable	-
Producción	Sobrepeso	$\frac{\text{Peso real}}{\text{Peso estándar}} \times 100$	Variable	-
Producción	Fallas en la línea	#fallas operativas	Fijo	0
Mantenimiento	Fallas en la línea	#fallas mecánicas, # fallas eléctricas	Fijo	0

Fuente: La empresa

*Sistema de observación al comportamiento (SOC): es una encuesta diaria realizada a los operarios sobre los comportamientos inseguros realizados por los otros operarios, el objetivo sólo es cuantificar dichos comportamientos.

2.6 Instalaciones, maquinarias, distribución de planta y apoyo informático

2.6.1 Instalaciones

En abril de 1996 inicia la elaboración de productos en las líneas de bizcochos, galletas y obleas (wafer) y, por último, en el 2003 con la producción de extruidos. Tesla Bakery S.A. cuenta con ambientes físicos independientes: áreas de preparación de la receta, áreas de producción, áreas de envasado y áreas de almacenamiento para las diferentes líneas de proceso en la planta.

2.6.2 Maquinaria y equipos

La línea de producción donde se realizará el caso de estudio cuenta con cierta cantidad de equipos, los cuales se detallan en la tabla 3. Asimismo, en el **anexo 6** se puede observar la distribución de los equipos en la línea de producción.

Tabla 3: Lista de equipos

Equipo	Cantidad
Batidora de masa	1
Batidora de crema	1
Tanque de recirculación	1
Horno	1
Enfriador de láminas	1
Encremadora	1
Cámara de frío	1
Guías transportadoras	2
Cortadora	1
Faja transportadora	2
Brazo empujador	1
Guía de alimentación a envasadora	1
Envasadora unitaria	1
Envasadora pack	1
Detector de metales	1
Encintadora	1
Mesa de trabajo	1
Mesa de etiquetado	1

Fuente: La empresa

2.6.3 Tecnologías de la información

Para poder hacer el plan de producción, registrar la cantidad de productos terminados, realizar cálculos de indicadores, enviar correos, entre otras, la empresa Tesla Bakery S.A. hace uso, principalmente, de los siguientes paquetes informáticos:

- Ms Office: principalmente se hace uso de Excel, en el cual se realizan los registros de las asistencias, productos y se realizan los cálculos de los principales indicadores de producción.
- SAP: usado para poder gestionar toda la información del inventario, materiales, hojas de ruta, costos.
- Outlook 365: es la principal herramienta online que se usa para la comunicación tanto interna como externa; a través de este medio se agenda reuniones, se envían y reciben correos.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En el presente capítulo se analizará y evaluará la situación actual de la empresa, con el objetivo de identificar los principales problemas y poder encontrar la causa raíz de los mismos. De esta manera, en función de las oportunidades de mejora encontradas, se propondrá la aplicación de las herramientas mencionadas en el marco teórico.

3.1 Metodología a seguir en el diagnóstico

Como ya se mencionó en el capítulo 2, la empresa cuenta con 11 líneas de producción, sin embargo, el análisis se hará en 7 líneas, debido a que 4 de ellas fabrican galletas exclusivamente para exportación o, en épocas de *Halloween* o navidad, usan dichos equipos para brindar el servicio de maquila a otras empresas. Asimismo, cabe destacar que el análisis y diagnóstico se centrará en el área de producción, no obstante, es muy probable que al encontrar los problemas se vean involucradas a otras áreas como logística o mantenimiento.

Para realizar el diagnóstico, se recolectaron datos sobre los principales indicadores del área de producción y las ventas durante el 2019. Posteriormente, con el objetivo de encontrar qué problemas presentan las líneas y qué línea es la más afectada, se analizaron los indicadores mensuales, logrando así identificar los principales problemas. Una vez identificada la oportunidad de mejora, se procederá a analizar sus respectivas causas por medio de un diagrama de Ishikawa y así encontrar la causa raíz. Con esta información se hará el diagnóstico de la empresa y, finalmente, se propondrá la aplicación de herramientas de planificación y control de operaciones para la mejora de procesos.

3.2 Fase 1: Elección de la planta y línea a diagnosticar

Para elegir la planta con mayor criticidad se procede, primero, a escoger la planta donde se realizará el diagnóstico y, posteriormente, se procederá a escoger la línea de producción de la planta seleccionada y, por último, la selección de los principales problemas de la línea.

3.2.1 Elección de la planta

Según lo mencionado en el capítulo anterior, la empresa cuenta con 5 plantas de producción, cada una tiene una gestión independiente, no obstante, la planta de caramelos, mermeladas y chocolates, funcionan como 1 planta, al igual que la planta de avenas y conservas. Para la selección de la planta donde se realizará el análisis, se consideró, primero, identificar la(s) planta(s) que presentan un costo

real mayor al presupuestado, para ello, se recurrió al indicador, empleado por la empresa, de "Cumplimiento del costo", cuya fórmula es: $100 \times (\text{costo real} / \text{costo presupuestado})$; para aquellos valores mayores a 100% quiere decir que existe un sobrecosto, para valores menores a 100% existe un ahorro en la tabla 4 se muestra el indicador en mención.

Tabla 4: Cumplimiento de costos, en porcentaje, por planta

Planta\Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	PROMEDIO
AVENAS Y CONSEVAS	103 %	96 %	99 %	99 %	100 %	98 %	101 %	101 %	99 %	100 %	100 %	100 %	100%
PASTAS Y HARINAS	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	101 %	101 %	101 %	100 %	101 %	99 %	100%
COMIDA PARA MASCOTAS	103 %	96 %	99 %	99 %	100 %	98 %	101 %	101 %	99 %	100 %	100 %	100 %	100%
GALLETAS	109 %	110 %	105 %	109 %	105 %	105 %	107 %	106 %	106 %	106 %	112 %	109 %	107%
CARAMELOS, CHOCOLATES Y MERMELADAS	101 %	99 %	100 %	101 %	101 %	100 %	100 %	101 %	101 %	102 %	103 %	99 %	101%

Fuente: La empresa

De acuerdo a lo observado en la tabla 4 la planta de galletas es la que presenta un mayor sobrecosto con un promedio de 107%, es decir, mensualmente la planta se excede en 7 de los costos presupuestados, por ende, será considerada como la planta a ser analizada ya que, según el indicador esta planta genera sobre costos lo cual se aleja de los objetivos estratégicos de la empresa, que es la de fabricar productos al más bajo costo.

3.2.1 Elección de la línea

Cada una de las líneas produce una familia de productos y, las diferencias que presentan los productos de cada familia son, por ejemplo, la presentación o el sabor, por ejemplo, la línea 3 fabrica wafer en 3 sabores y en presentaciones de 29 gramos. Asimismo, cada familia de productos usa casi la misma materia prima e insumos, existiendo ciertas variaciones en la formulación de cada producto, además, la secuencia de operaciones que sigue cada familia de productos es exactamente igual, es decir, las operaciones que se necesita para fabricar un wafer de 29g de chocolate, son las mismas que necesita un wafer de fresa.

Para la elección de la línea a diagnosticar, se consultó con los jefes (de producción y planta), planificadores e ingenieros de procesos para determinar los principales indicadores a analizar, llegando a escogerse los siguientes:

- Eficiencia Global de Equipo (EGE)
- Sobrepeso

- Reproceso
- Merma
- Cumplimiento del plan de producción
- Inventario final de producto terminado
- Cambios en el plan de producción
- Cantidad de fallas mecánicas en la línea
- Volumen de ventas

Cabe mencionar que no se escogió el indicador de accidentes debido a que desde el 2018 ninguna de las líneas presentó reportes sobre accidentes en ninguna de las líneas de producción de la planta galletas. Asimismo, el indicador de volumen de ventas no es un indicador que está estrechamente relacionado con el área, no obstante, se incluyó como criterio final para la elección de la línea a diagnosticar.

a. Indicadores del área de producción

En esta sección se analizan los principales indicadores del área de producción. Como ya se mencionó antes, este grupo de indicadores tiene una meta que debe cumplir mensualmente, es así que en los **anexos 7, 8, 9, 10** se pueden observar tablas indicando en qué meses las líneas estuvieron dentro de meta (DM) o fuera de meta (FM), por cada indicador. Además, en la tabla 5 se muestra un resumen de la cantidad total de veces que las líneas se encontraron fuera de meta durante el 2019.

Tabla 5: Cantidad total de veces que las líneas estuvieron fuera de meta por cada indicador durante el 2019

Línea	EGE	Sobrepeso	Reproceso	Merma
L1	1	1	2	0
L2	1	0	2	1
L3	5	0	3	1
L4	2	0	2	1
L5	2	1	3	0
L6	2	0	2	1
L7	2	0	2	0

Fuente: La empresa

Según la tabla 3, durante el 2019 las líneas de producción estuvieron, en la mayoría de casos, dentro de meta; por ejemplo, en el indicador EGE, la línea 4 estuvo fuera de meta en dos ocasiones, es decir, en 2 meses de los 12 que la línea operó durante el 2019, no llegó a superar el porcentaje mínimo de EGE exigido por la compañía. Para el caso del indicador mencionado, se busca que, como mínimo, se llegue a la meta, en cambio, con respecto al reproceso, merma, y sobrepeso se busca llegar como máximo al porcentaje establecido como meta.

Por otro lado, el indicador de cumplimiento de plan de producción tiene una meta de 100%, sin embargo, no se maneja un rango superior, es decir, si una línea produjo más de lo necesario y obtuvo un cumplimiento de 120%, se considera dentro de meta, no obstante, estaría incurriendo en sobreproducción, el detalle sobre el cumplimiento del indicador se muestra en el **anexo 11**. Asimismo, para un mejor análisis, en la tabla 6 se hace una comparación del promedio del cumplimiento del plan de producción con el promedio de los inventarios finales.

Tabla 6: Comparación del cumplimiento promedio del plan de producción y promedio de inventarios finales durante el 2019

Línea	Promedio de cumplimiento del plan producción	Promedio de inventarios finales (cajas)
L1	99.97%	5 718
L2	103.34%	5 844
L3	88.75%	5 619
L4	102.85%	8 595
L5	99.69%	6 397
L6	98.31%	5 956
L7	98.54%	6 423

Fuente: La empresa

Según lo mostrado en la tabla 4, la única línea que se muestra un cumplimiento de la producción muy por debajo del 100% es la línea 3. Asimismo, cabe mencionar que, según la información proporcionada por la empresa, aparentemente la línea 3 está bien, no obstante, como se puede observar en la tabla 7, durante el 2019 la línea ha presentado roturas de *stock*, además, se observan algunos meses con altos niveles de inventario de producto terminado.

Tabla 7: Inventarios finales de producto terminado, por producto, de la línea 3

Mes\ Sabor	Vainilla	Fresa	Chocolate	Unidades
Enero	-300.00	6305.01	7017.00	Cajas
Febrero	9922.24	7927.48	3574.90	Cajas
Marzo	110.05	6280.78	5571.47	Cajas
Abril	-800.77	5298.91	7636.89	Cajas
Mayo	10595.87	7782.81	532.16	Cajas
Junio	8436.25	-650.89	7521.15	Cajas
Julio	10402.16	8934.50	357.71	Cajas
Agosto	9509.44	10353.14	-721.65	Cajas
Setiembre	1172.35	4953.68	5472.32	Cajas
Octubre	9292.11	9560.64	-160.36	Cajas
Noviembre	9857.47	719.50	10621.69	Cajas
Diciembre	9557.49	-135.21	9792.73	Cajas

Fuente: La empresa

Por otro lado, con respecto a la cantidad de fallas mecánicas en las líneas, en la tabla 8 se muestra un resumen de la cantidad total de fallas durante el 2019. Cabe mencionar que, durante el 2019, no hubo

fallas en los hornos, debido a que cada 15 días se le hace un mantenimiento que consiste en realizar ajustes, calibrar, lubricar y cambiar piezas (en caso necesite). Esta atención recibida por los hornos es debido a que son el cuello de botella de sus respectivas líneas, por ende, cualquier altercado con este equipo generaría un gran impacto en los indicadores ya mencionados.

Tabla 8: Cantidad total de fallas mecánicas en el 2019

Línea	Suma
L1	57
L2	57
L3	53
L4	66
L5	61
L6	64
L7	60

Fuente: La empresa

En base a lo mencionado anteriormente, cuando ocurre una falla, por ejemplo, en una envasadora, se opta por ir acumulando producto hasta que se solucione el problema y posteriormente se le aumenta la velocidad a la envasadora para poder nivelarse otra vez con la tasa de producción del horno.

b. Cambios en la programación de producción

Otro de los indicadores de análisis es el de: cambios en la programación de la producción; en el **anexo 12** se observa cuántas veces se hicieron cambios en la programación, por línea y por mes. Este indicador es importante porque muchas de las operaciones pueden verse afectadas por el cambio, ya que, por ejemplo, genera mayores cambios de formato y sabor, lo cual reduce considerablemente el tiempo disponible de producción afectando el indicador EGE y el cumplimiento del plan. Según lo conversado con el planificador de la producción, en la mayoría de los casos que se cambia de plan de producción se debe principalmente por 2 motivos:

- Variación de la demanda: Las ventas que se concretan durante el mes superan lo pronosticado, esto puede darse para cada sabor de manera independiente, por ejemplo, se tenía previsto vender 5 000 cajas de wafer fresa, pero realmente se concreta una venta de 7 000 cajas, sin embargo, al darle prioridad a esta venta se debe dejar de producir otro sabor.
- Falta de materiales: La cantidad de materiales disponibles en almacén no son suficientes o no llegan a tiempo.

En la tabla 9 se muestra un resumen de la cantidad de cambios, así como sus respectivos porcentajes y en la figura 11, se muestra un diagrama de Pareto para así identificar los pocos vitales y muchos triviales.

Tabla 9: Total de cambios en la programación durante el 2019

Línea	Total	Porcentaje
L3	86	33%
L4	60	23%
L2	53	20%
L6	20	8%
L5	18	7%
L7	18	7%
L1	6	2%

Fuente: La empresa

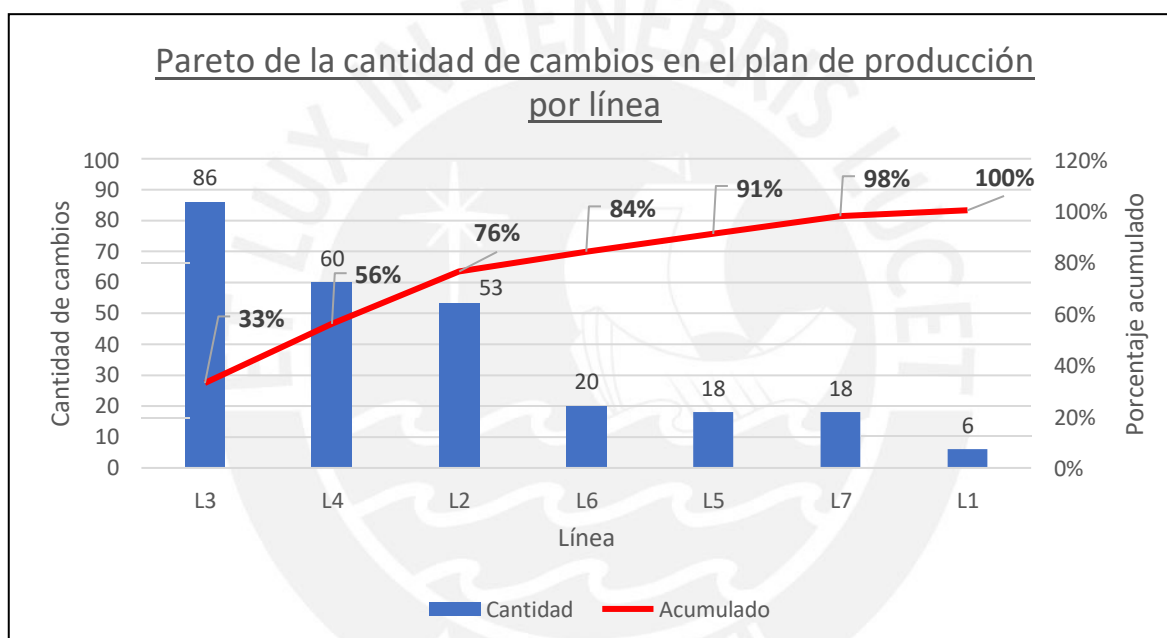


Figura 11: Diagrama de Pareto de la cantidad de cambios en el plan de producción en el 2019

Según el diagrama de Pareto, la línea que registró mayores cambios en el programa de producción, en el 2019, es la línea 3.

c. Volumen de ventas

Por último, se procederá a analizar el volumen por cada línea. En la figura 12 se puede observar el diagrama de Pareto del volumen de ventas en el año 2019, según la gráfica, las líneas 3, 4, 6, 5 y 7 representan el 80% de las ventas.

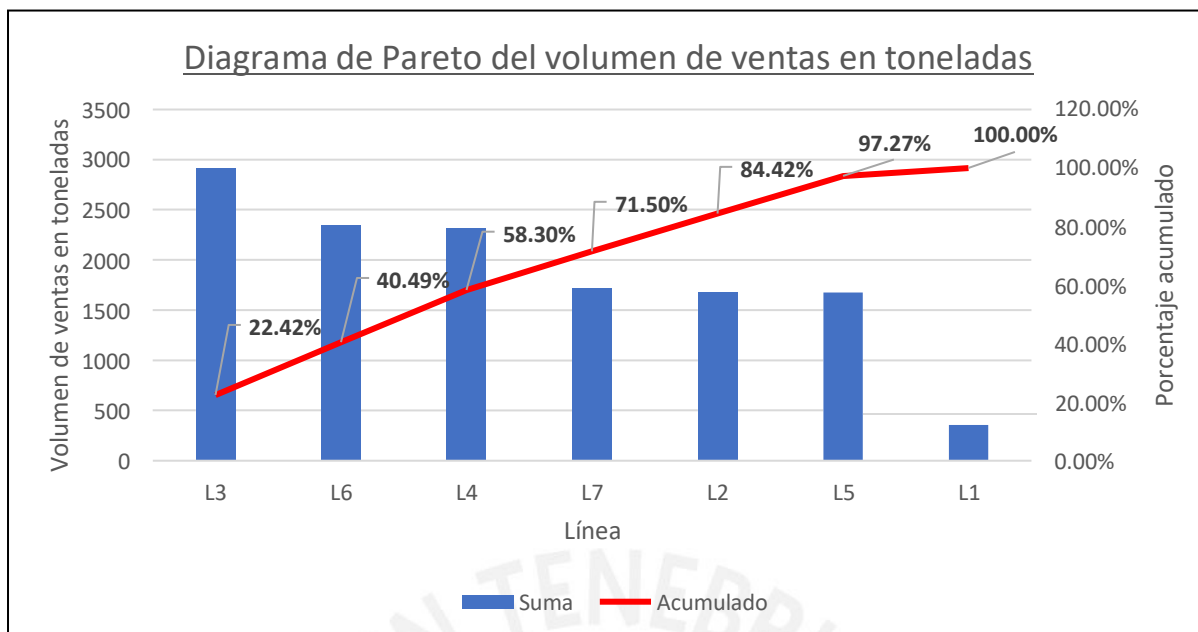


Figura 12: Pareto de la cantidad de volumen de ventas por línea en el 2019

Según el análisis de Pareto, la línea 3 representa el 22.42% del volumen total de ventas, convirtiéndose en la línea con mayor aporte a las utilidades de la empresa, asimismo, de acuerdo con los indicadores analizados previamente, es la segunda línea que presenta mayor cantidad de cambios en el plan de producción y la única que presenta roturas de stock, por ello, se escoge a la línea 3 para poder realizar el diagnóstico.

3.3 Fase 2: Selección del problema crítico e identificación de causas

Para poder identificar los problemas de la línea de producción seleccionada, se requirió la opinión de los jefes (producción y planta), ingeniero de procesos y planificadores, los cuales, en base a al análisis de los indicadores previamente expuestos, se identificaron los problemas, siendo estos enlistados en la tabla 10, asimismo, en la figura 13 se muestra el diagrama de Pareto de los problemas encontrados usando como criterio la frecuencia de ocurrencia.

Tabla 10: Listado de problemas según indicador expuesto

N°	Indicador	Problema	Frecuencia mensual	Acumulado	Porcentaje	Clasificación
1	Inventario final de producto terminado	Rotura de stock y/o entrega incompleta de pedidos	9	9	26.47%	80% del valor
2	EGE, Reproceso	Incumplimiento de la meta	8	17	50.00%	80% del valor
3	Fallas en la línea	Alto número de fallas mecánicas (fuera de meta)	7	24	70.59%	80% del valor
4	Cambios en el plan de producción	Elevado número de cambios en el plan de producción (fuera de meta)	6	30	88.24%	20% del valor
5	Cumplimiento del plan de producción	Altos inventarios de productos con "baja rotación"	4	34	100.00%	20% del valor

Fuente: La empresa

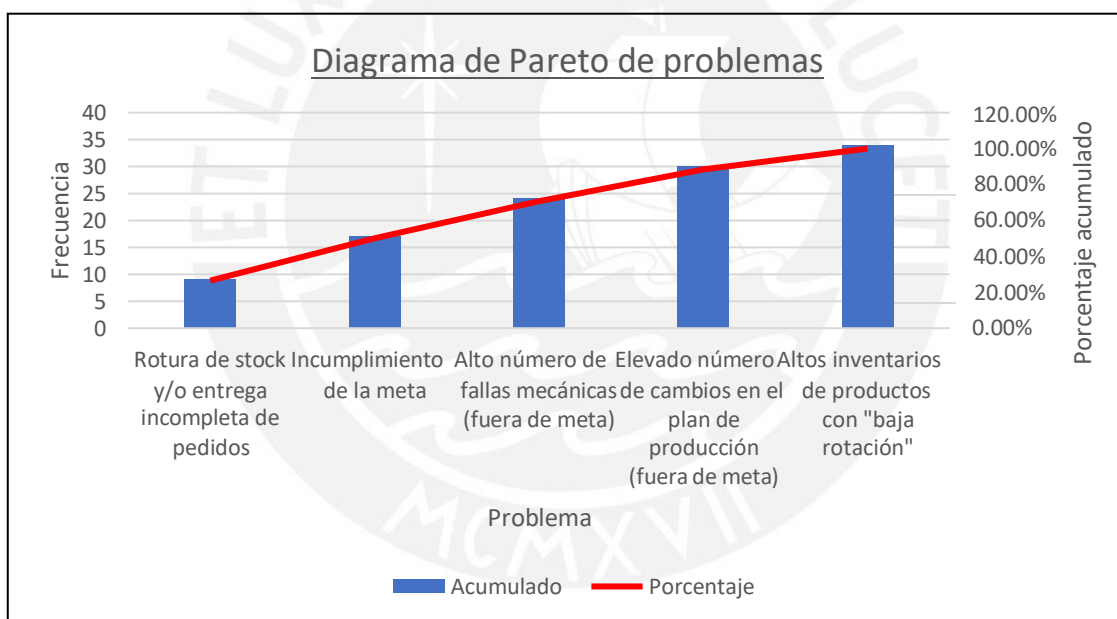


Figura 13: Diagrama de Pareto de los problemas encontrados

Por otro lado, cabe mencionar que de acuerdo con el jefe de planta y el analista de planeamiento de la producción, una de las causas de la entrega incompleta de pedidos es el cambio de la programación, ya que, debido al cambio en el plan, se debe dejar de producir un producto para darle prioridad a otro y, en consecuencia, no se llegan a completar los pedidos que se solicitaron primero por lo que posteriormente se debe negociar con el cliente para postergar la entrega o hacer una entrega parcial.

Para la elección del problema o problemas más representativos (en otros términos, además de la frecuencia), se realizará un análisis teniendo en cuenta los siguientes criterios: frecuencia, costos

incurridos y percepción del cliente, donde la explicación de la elección de estos criterios se muestra en el **anexo 13**. En la tabla 11 se muestra la tabla de la matriz de enfrentamiento donde se asignaron puntajes de 0, 1, 2, los cuales significan menos, igual o más importante que el otro criterio respectivamente. La realización de la matriz de enfrentamiento y la puntuación fueron hechas con el apoyo del analista de planificación y el jefe de producción.

Tabla 11: Matriz de enfrentamiento

Con respecto a	Costos incurridos	Frecuencia	Percepción del cliente	Puntaje	Ponderación
Costos incurridos		1	1	2	33.3%
Frecuencia	1		1	2	33.3%
Percepción del cliente	1	1		2	33.3%

Fuente: La empresa

Una vez determinados los pesos, se asignará una puntuación, dentro de un rango del 1 al 5, a cada problema por cada criterio y luego se procederá a sumar para obtener el puntaje total. Respecto a la asignación del puntaje, el jefe de planta y los jefes de producción asignaron los puntajes según lo mostrado en el **anexo 14** se puede observar la equivalencia de cada puntaje por cada criterio. El o los problemas con mayor puntaje serán considerados como los problemas de mayor importancia, en la tabla 12 se puede observar evaluación de cada problema.

Tabla 12: Puntuación de los problemas identificados

Con respecto a	Costos incurridos 33.3%	Percepción del cliente 33.3%	Frecuencia 33.3%	Puntaje
Entrega incompleta de pedidos	4	5	4	4.329
Baja eficacia en el cumplimiento de las metas	3	1	1	1.665
Alto número de fallas mecánicas	3	1	3	2.331

Fuente: La empresa

De acuerdo con la tabla 12, se puede concluir que el problema principal es la entrega incompleta de pedidos al ocupar el primer lugar en la evaluación, con casi el doble de puntaje del segundo valor más alto.

3.3.1 Diagrama causa – efecto de los problemas críticos

Según lo concluido, se procederá a analizar el problema: entrega incompleta de pedidos, mediante un diagrama de Ishikawa, en la figura 14 se puede observar las causas principales y secundarias del problema.

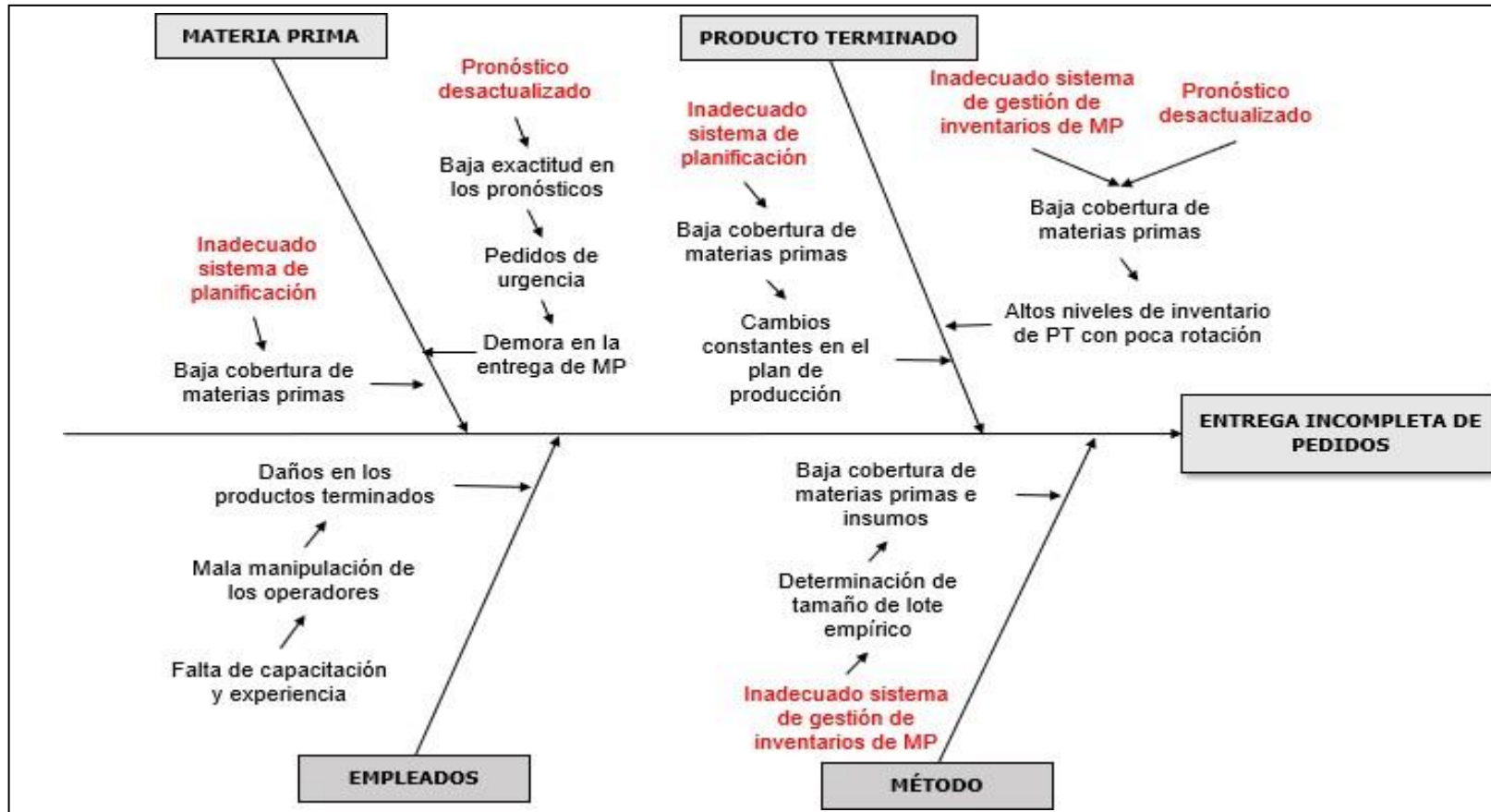


Figura 14: Diagrama de Causa – Efecto del problema de entrega de pedidos incompleta

Como se observa en la figura 14, para el problema en análisis, se ha encontrado diversas causas, pero, no todas tienen el mismo impacto en el problema. Con el objetivo de determinar las causas más críticas se realizará un análisis teniendo en cuenta los siguientes criterios: costos incurridos, frecuencia de ocurrencia y cantidad de líneas afectadas, los cuales, al igual que los criterios escogidos para seleccionar el problema principal, fueron propuestos y escogidos por el personal administrativo. A continuación, en la tabla 13 se muestra la matriz de enfrentamiento de los criterios mencionados, donde se evalúa con los números 0, 1 y 2, que significan menos, igual o más importante que el otro criterio, respectivamente. Asimismo, cabe resaltar que la realización de la matriz de enfrentamiento y la puntuación de las causas fueron hechas con el apoyo del analista de planificación y el jefe de producción.

Tabla 13: Matriz de enfrentamiento

Con respecto a	Costos incurridos	Frecuencia	Cantidad de líneas afectadas	Puntaje	Ponderación
Costos incurridos		1	2	3	50%
Frecuencia	1		1	2	33%
Cantidad de líneas afectadas	0	1		1	17%

Fuente: La empresa

Asimismo, en la tabla 14 se muestra la puntuación, con un rango del 1 al 5, para cada una de las causas encontradas en el diagrama de Ishikawa.

Tabla 14: Puntuación de las causas encontradas

Con respecto a	Costos incurridos 50%	Frecuencia 33%	Cantidad de líneas afectadas 17%	Puntaje
Baja exactitud en los pronósticos	4	5	4	13
Inadecuado sistema de planificación de la producción	4	3	5	12
Inadecuada política de gestión de inventarios de MP	3	3	5	11
Falta de capacitación y experiencia de operarios	2	1	1	4

Fuente: La empresa

Respecto a la asignación del puntaje, el jefe de planta y los jefes de producción asignaron los puntajes según se muestra en el **anexo 15** se puede observar la equivalencia de cada puntaje por cada criterio. Por otro lado, según la puntuación mostrada en la tabla 14, se puede afirmar que las principales causas del problema identificado son: baja exactitud en los pronósticos, ausencia de

un sistema de planificación (de producción y de requerimientos de materiales) e inadecuada política de gestión de inventarios.

3.4 Fase 3: Análisis cualitativo de las causas

En esta sección se hará un análisis cualitativo, en base a los indicadores proporcionados por la empresa, de las principales causas encontradas en el diagrama de Ishikawa.

3.4.1 Análisis y diagnóstico del método del pronóstico actual

Mensualmente el área de planeamiento de la demanda realiza pronósticos por medio de un software; el área tiene un histórico de ventas mensuales, siendo éstos los *inputs* que recibe el programa y en base ello, pronostica las ventas del siguiente mes, por ejemplo, si la empresa desea el pronóstico de las ventas del mes de agosto, las entradas serían los meses de julio, junio, mayo, hasta llegar a agosto del año pasado. Luego de obtener la proyección de ventas, se realiza un ajuste, en otras palabras, la proyección se somete a juicio de expertos los jefes del área de planeamiento de la demanda, ventas y marketing, quienes revisan la proyección y si ésta es muy optimista deciden reducir la cantidad, o si es muy pesimista optan por aumentar. A continuación, en la tabla 15, se muestra el MAPE del método de pronóstico actual, de wafer vainilla, usado por la empresa.

Tabla 15: Cálculo del MAPE del pronóstico, en kilogramos, para wafer vainilla, en el 2019

Mes	Venta (kg)	Pronóstico (kg)	Error /Venta
Enero	100152.4	94712	5.43%
Febrero	115078.4	103322.4	10.22%
Marzo	61871.6	48268.8	21.99%
Abril	88671.6	99674.8	12.41%
Mayo	93536.4	83614.8	10.61%
Junio	72161.2	62938	12.78%
Julio	119604.4	92164.4	22.94%
Agosto	133915.2	102775.6	23.25%
Setiembre	128859.6	100674.8	21.87%
Octubre	65129.6	81340	24.89%
Noviembre	111054.8	95092.8	14.37%
Diciembre	77725.2	84490.8	8.70%
		MAPE =	15.79%

Fuente: La empresa

En la tabla 15 se muestra la venta y pronóstico, en kilogramos, elaborado para wafer vainilla en el 2019, asimismo, con respecto a los indicadores de error de pronóstico, el método actual tiene un MAPE de 15.79%, el mismo cálculo se muestra en los **anexos 16 y 17**, para wafer fresa y chocolate respectivamente. Cabe mencionar que este indicador debe ser comparado con otros métodos de pronóstico, los cuales se realizarán en el siguiente capítulo. De esta manera, según lo observado en la tabla 15, en la mayoría de meses se vendió más de lo que se pronosticó, no obstante, aunque aparentemente esta situación es mejor para la empresa (vender más), a mediano y a largo plazo puede traer las siguientes consecuencias:

- Entrega de pedidos incompletos, como actualmente está pasando, lo cual aumenta la probabilidad de que el cliente decida cambiar de proveedor.
- Mayores costos por pedidos de materias primas que se hacen a última hora pero que se necesitan para cumplir con el pedido.
- Aumento en la incertidumbre del tiempo de entrega de las materias primas e insumos, debido a que se pidieron a última hora.
- Conflictos en la relación con sus proveedores, ya que hacer pedidos de urgencia también afecta la programación de producción y entregas de sus proveedores.

En resumen, un mal pronóstico no solo causa problemas en la empresa, también en toda su cadena de suministro, desde sus clientes finales hasta sus proveedores.

3.4.2 Análisis y diagnóstico del sistema de planificación de requerimiento de materiales y de la planificación de la producción

En la actualidad la empresa no cuenta con un sistema sólido de planificación de materiales ni de producción, todo se basa en la experiencia del analista. El área de planeamiento de la demanda envía sus proyecciones a los planificadores de la producción y de materiales respectivamente luego, de manera independiente, cada analista revisa el inventario de producto terminado y de materias primas y en función de las cantidades proyectadas y los inventarios, realizan la planificación de la producción y de materiales respectivamente. Posteriormente, el planificador comparte su programa con el analista de planificación de materiales para validar la información y determinar el tamaño de lote que se debe comprar, por último, envía esa información al área de compras para la adquisición de los materiales. Cabe mencionar que, si se programa un producto y uno de los materiales necesarios para fabricar este producto no llega según lo previsto, se procede a cambiar el plan de producción.

Uno de los indicadores clave que compara el requerimiento bruto (la cantidad de material que se necesita para producir) con lo que se encuentra en almacén, es “Cobertura de materiales”, el cual resulta al efectuar la siguiente división:

$$Cobertura = \frac{Stock\ en\ almacén\ de\ MP}{Requerimientos\ brutos}$$

Este indicador se calcula para cada uno de los materiales, pero también se hace un cálculo general, en la tabla 16 se muestra el indicador en porcentaje por mes de la línea en análisis.

Tabla 16: Porcentaje de cobertura de materiales por mes en el 2019

Mes	Cobertura de materiales
Enero	66.00%
Febrero	78.50%
Marzo	53.00%
Abril	63.20%
Mayo	86.60%
Junio	95.00%
Julio	89.00%
Agosto	64.76%
Setiembre	69.67%
Octubre	78.56%
Noviembre	75.56%
Diciembre	95.45%
Promedio	76.28%

Fuente: La empresa

Como se puede observar en la tabla 16, en promedio, en el 2019 se tuvo una cobertura de 76.28%, cabe mencionar que no existe una meta para este indicador, sin embargo, se considera que está bajo cuando es menor que 90%. En algunas ocasiones, cuando no hay suficiente cobertura de materiales, el analista de planificación de la producción lanza una orden de fabricación asumiendo con la cantidad de insumos que tiene esperando que el pedido de materiales faltantes llegue antes de que se acaben los que tienen en almacén, en algunas ocasiones los pedidos llegan antes de tener roturas de stock en el almacén de materias primas. En base a lo explicado anteriormente y el análisis, se puede concluir que:

- La planificación de materiales que tienen actualmente no es la óptima, se puede observar que siempre existe una falta de materiales.

3.4.3 Análisis y diagnóstico del sistema de la gestión de inventarios

Según lo observado en la tabla 16, la cobertura de materiales, al momento de producir no es la óptima, en algunas ocasiones el planificador de la producción se arriesga y manda a producir con la materia prima que tiene y confía en que los insumos que faltan lleguen antes de que se acabe lo que está disponible en almacén, en otros casos simplemente decide fabricar otro producto.

Asimismo, como ya se mencionó antes, el planificador de materiales es el que finalmente decide cuánto se va a pedir de cada material, sin embargo, es de manera empírica y no existe una política definida para determinar el tamaño de lote óptimo a pedir, se puede decir que su política es pedir según lo que necesita. Otros de los problemas que presenta la gestión actual es con el stock de seguridad, debido a que generalmente lo que tienen no es suficiente para cubrir las desviaciones de la demanda, por ende, se tiene que realizar compras adicionales cuando hay alguna variación en la demanda, como resultado de esta situación, se tiene baja cobertura de materiales y se aumenta el riesgo de que el proveedor no entregue lo solicitado a tiempo ya que también existe una variabilidad en el lead time.

3.5 Fase 4: Diagnóstico final

Según lo descrito a lo largo del capítulo, inicialmente se habían identificado 3 problemas: entrega incompleta de pedidos (roturas de *stock* y, como contra parte, altos inventarios de producto terminado de baja rotación), elevado número de fallas mecánicas y baja eficacia en el cumplimiento de las metas, sin embargo, se llegó a la conclusión de analizar únicamente el primer problema. Las causas más importantes del principal problema son: baja precisión y exactitud del pronóstico o, en otras palabras, pronóstico desactualizado, planificación de requerimiento de materiales empírico y una inadecuada gestión de inventarios de materia prima. En efecto, la empresa Tesla Bakery S.A. requiere de la aplicación de las herramientas de mejora para solucionar el problema descrito, a continuación, en la figura 15, se muestran las herramientas de mejora que se proponen implementar para dar solución al problema principal.

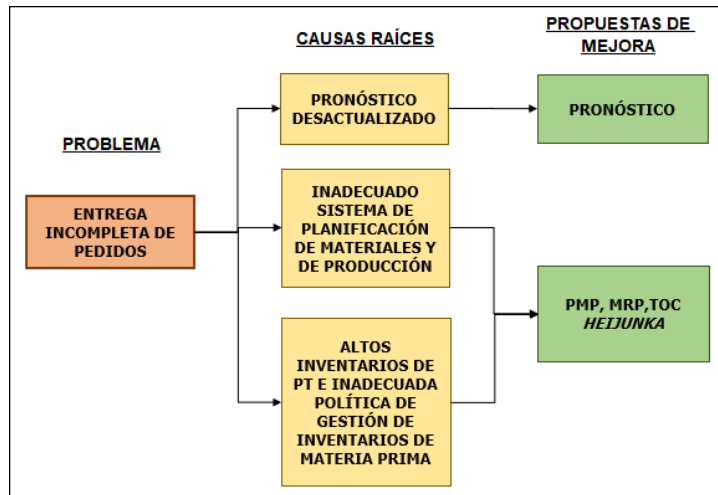


Figura 15: Herramientas de mejora propuestas para el problema actual

Por otro lado, todas las fases que se llevaron a cabo para realizar el diagnóstico se muestran resumidas en la figura 16.

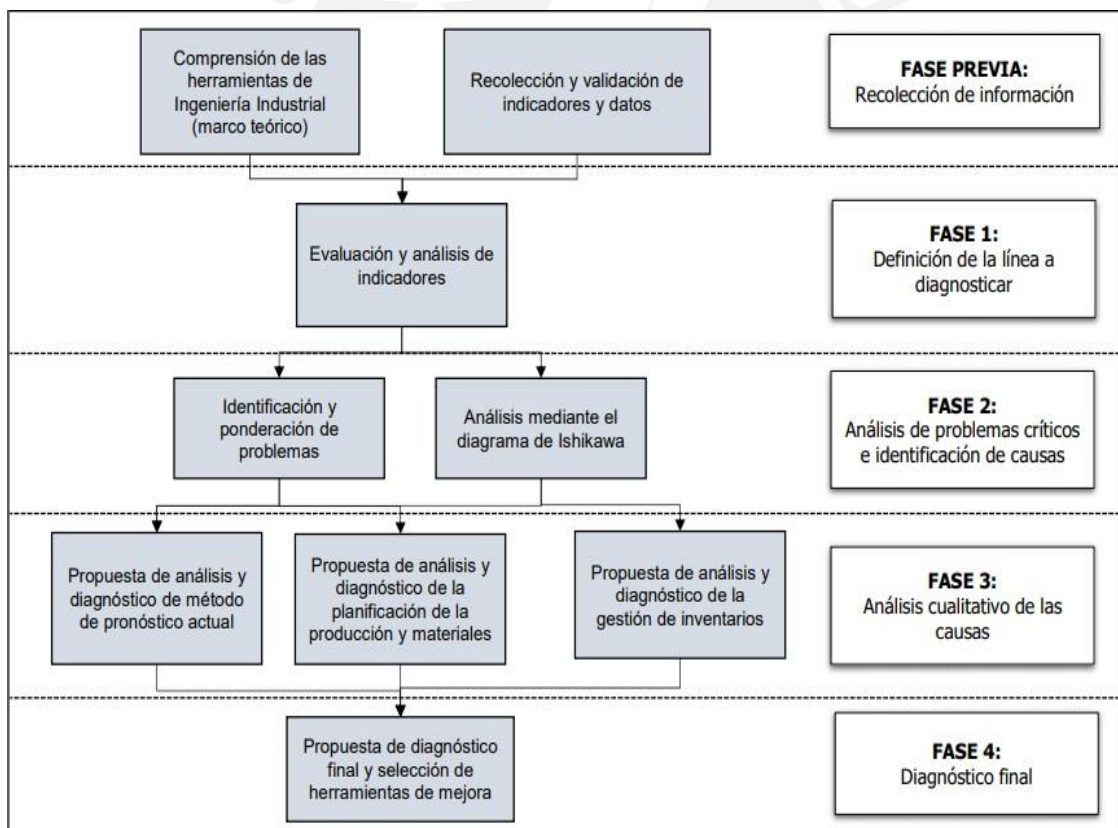


Figura 16: Fases para el análisis y diagnóstico del proceso de planificación de la empresa

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA

El presente capítulo abarcará el desarrollo de las propuestas de mejora que se mencionaron al finalizar el capítulo anterior, las cuales, se obtuvieron después de analizar el problema principal y determinar las causas raíces. Asimismo, para la elaboración y ejecución de las propuestas se formaron 2 equipos: el primero, con los analistas de planificación (producción y materiales), analistas de compras, analista de demanda y jefe de producción, los cuales ayudaron con la recolección de información, identificación de restricciones, parámetros y variables para la elaboración del pronóstico, PMP, MRP, análisis de capacidad y programación *Heijunka*; el segundo grupo, conformado por los operarios de la línea, supervisor e inspector de procesos, para la aplicación de la herramienta SMED.

La estructura del presente capítulo es la siguiente: la primera parte abarca el análisis de la demanda y el desarrollo de los pronósticos de cada producto fabricado en la línea 3; la segunda parte consiste en la elaboración del plan maestro de producción (PMP) usando la información de los pronósticos; la tercera parte abarca el análisis de inventarios de materias primas y el desarrollo del plan de requerimiento de materiales (MRP); la cuarta parte, se desarrolla la implementación de la herramienta SMED (como herramienta complementaria) y el análisis de capacidad teniendo en cuenta la planificación propuesta en el MRP; por último, se realiza la programación de la producción a corto plazo utilizando lotes *Heijunka*.

4.1 Pronósticos

Según lo mencionado en el diagnóstico, la empresa realiza proyecciones de demanda a través de un software y, posteriormente, el pronóstico es ajustado por los jefes del área de planeamiento de la demanda, ventas y marketing, sin embargo, pese al ajuste realizado, existe una gran diferencia entre la demanda pronosticada y la real, teniendo un MAPE promedio de 15.71%, lo que quiere decir que, en promedio, existe una desviación absoluta de 15.71% entre lo que se pronosticó y lo que realmente se vendió. Los pronósticos nunca serán iguales a la demanda real, no obstante, se pueden utilizar métodos que permitan optimizar, mejorar la exactitud y precisión de los mismos, reduciendo el error y así evitar cambios constantes en la planificación a lo largo de la cadena de suministro.

El desarrollo de los pronósticos se hará para la familia de productos de la línea 3, es decir, para wafer vainilla, fresa y chocolate en las presentaciones de 29 gramos, debido a que, como se mencionó anteriormente, la línea presentaba problemas como: rotura de stock de producto terminado, baja cobertura de materias primas, constantes cambios en la planificación de la producción y altos inventarios de productos con baja rotación; asimismo, es la línea que presenta mayor volumen de ventas a comparación de los demás productos de confitería elaborados por la compañía.

4.1.1 Análisis de la demanda

Antes del desarrollo de los pronósticos, se debe analizar el comportamiento de la demanda y así encontrar algún patrón de estacionalidad o tendencia y, en base a lo identificado, se propone el método de pronóstico que se deberá usar por cada producto analizado.

Según la información otorgada por la empresa, en la figura 17 se puede observar una comparación de la demanda de wafer vainilla desde el 2015 hasta el 2019, asimismo, se puede observar que existe un patrón estacional, presentando picos en los meses de febrero y julio, donde se vende más por el reinicio de las clases escolares, por otro lado, en el mes de setiembre se registra otro pico ya que octubre se celebra “Halloween”, festividad que se caracteriza porque los niños salen a las calles a pedir dulces; por último, en el mes de noviembre se observa otro pico, esto debido a que en diciembre se suelen vender *packs* navideños o latas con galletas y otros dulces.

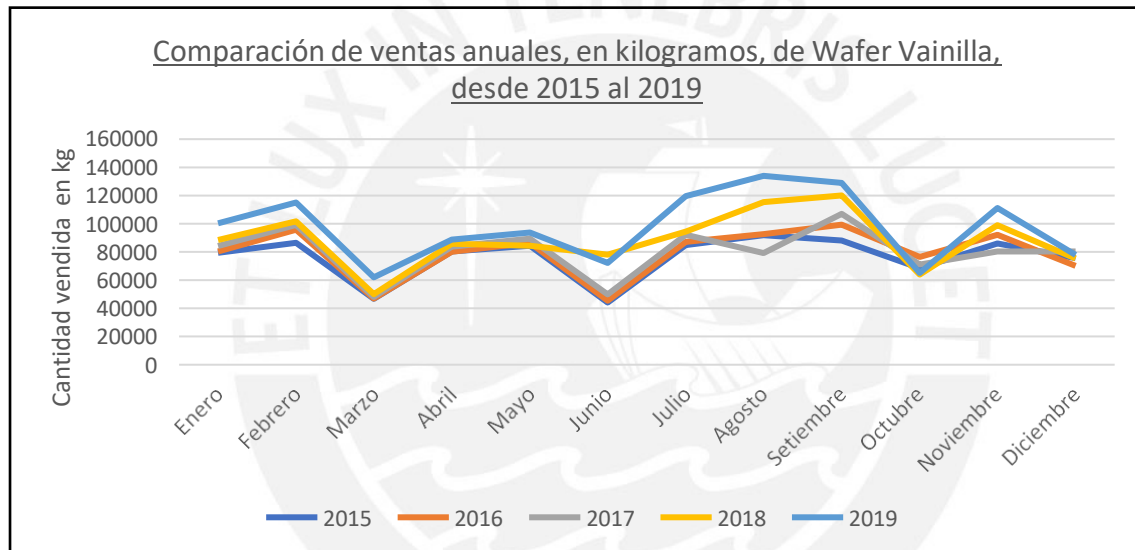


Figura 17: Comparación de las ventas anuales, en kilogramos, de Wafer Vainilla
Fuente: La empresa

En la figura 17 se pudo observar la estacionalidad del producto en análisis, sin embargo, no se puede visualizar si existe tendencia, por ende, en la figura 18 se muestra la demanda del producto en análisis desde el 2015 hasta el 2019, en la cual se puede identificar que cada año existe un leve incremento, asimismo, gracias a una herramienta proporcionada por Excel, se pudo graficar una línea que muestra la tendencia de las ventas. Gráficas similares a las figuras 17 y 18 se presentan en los **anexos 18, 19, 20 y 21**, de wafer sabor a fresa y chocolate respectivamente, donde se observa el mismo comportamiento.

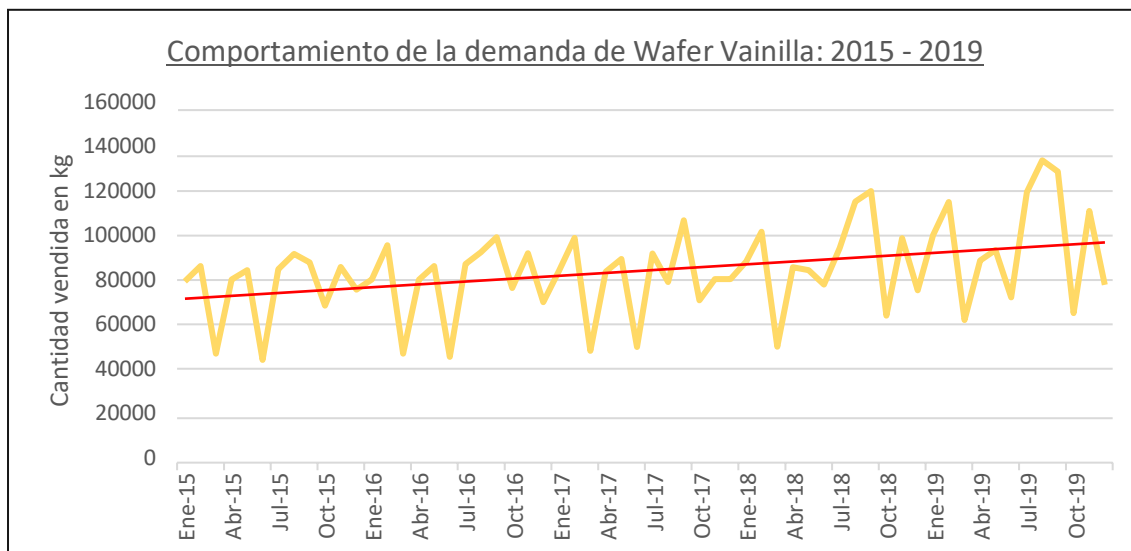


Figura 18: Comportamiento de la demanda de Wafer Vainilla
Fuente: La empresa

De acuerdo con lo mostrado en las gráficas, se puede concluir que existe estacionalidad y, a su vez, tendencia en las demandas de los 3 productos. Asimismo, se ha podido observar que muestran un comportamiento casi igual, la diferencia consiste en las cantidades vendidas, donde el wafer sabor a vainilla es el que representa el mayor volumen de ventas a comparación que el de fresa y chocolate.

4.1.2. Desarrollo de pronósticos

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el patrón que sigue la demanda de los productos en análisis es estacional con una leve tendencia, por ende, se propone el uso de método cuantitativos para realizar las proyecciones, más específicamente, se proponen dos métodos: método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad, propuesto por el autor Chopra, así como, el método por descomposición con regresión por mínimos cuadrados, propuesto por Chase y Jacobs, para cada uno de los productos, con el fin de minimizar los indicadores de error.

El desarrollo del pronóstico consistirá en realizar una proyección, utilizando los métodos ya mencionados, para el 2019 en base a los datos históricos de volumen de ventas de los años 2015, 2016, 2017 y 2018. Después, se procederá a calcular los distintos tipos de errores de cada método, con el objetivo de escoger al que presente los indicadores de error más pequeños, no obstante, se dará prioridad al MAPE como principal indicador para la selección del método, posteriormente, se usará dicho método para pronosticar el volumen de ventas para el 2020. Cabe destacar que en el presente capítulo se mostrará el procedimiento del cálculo de pronósticos para wafer sabor vainilla, el resultado de los otros dos sabores se mostrará en los anexos.

- **Método 1: Pronóstico con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad**

Los pasos para el desarrollo de este método se muestran a continuación:

Paso 1. Estimación del nivel (L), tendencia (T)

En este primer paso se busca estimar el nivel (L), tendencia (T) y factor estacional (S), sin embargo, primero se debe identificar la periodicidad (p). La periodicidad indica cada cuántas veces se repite un ciclo estacional y, a su vez, está relacionado con el factor estacional, es decir, si escojo p=4, tendré que calcular 4 factores estacionales, sin embargo, debido a que el objetivo es proyectar la demanda para un periodo de 12 meses, se escoge una periodicidad de 12, lo que quiere decir que el patrón estacional del año t seguirá el mismo patrón en el año t+1. Posteriormente, se calcula la demanda desestacionalizada (Dt) con la siguiente fórmula:

$$\bar{D} = \begin{cases} \frac{[D_{t-\lfloor \frac{p}{2} \rfloor} + D_{t+\lfloor \frac{p}{2} \rfloor} + \sum_{i=t+1-\lfloor \frac{p}{2} \rfloor}^{t-1+\lfloor \frac{p}{2} \rfloor} 2D_i]}{2p} & ; \text{ para "p" par} \\ \sum_{i=t-\lfloor \frac{p-1}{2} \rfloor}^{t+\lfloor \frac{p-1}{2} \rfloor} \frac{D_i}{p} & ; \text{ para "p" impar} \end{cases}$$

En la tabla 17 se muestra un extracto de la demanda real y la demanda desestacionalizada del 2015 y 2016, los valores mostrados de la demanda desestacionalizada del periodo 7 en adelante se obtuvieron por medio de la aplicación de la fórmula anteriormente mencionada. Por ejemplo, para el periodo 7 se obtuvo mediante la siguiente suma:

$$\bar{D}_7 = \frac{D_1 + D_{13} + 2 * SUMA(D_2; D_{12})}{2 * p}$$

Tabla 17: Cálculo de la demanda desestacionalizada

Año	Periodo	Demanda en kilogramos (Dt)	Demanda desestacionalizada
2015	1	79352.4	
2015	2	86338	
2015	3	46736.8	
2015	4	80269.6	
2015	5	84401.6	
2015	6	43978	
2015	7	84798.4	76315.5
2015	8	91807.2	76737.6
2015	9	87896.4	77128.6
2015	10	68348.8	77125.8
2015	11	85911.6	77200.8
2015	12	75540.8	77336.7
2016	13	80167.2	77489.4
2016	14	95651.6	77616.8
2016	15	46809.2	78121.4
2016	16	80128.4	78927.5

Para la estimación del nivel (L) y la tendencia (T), se establece una relación lineal entre el periodo y la demanda desestacionalizada previamente calculada. Por medio del método de mínimos cuadrados (regresión lineal) se obtiene la siguiente ecuación de la recta:

$$\bar{D} = 74169.1938 + 261.4073t$$

Donde \bar{D} es la demanda desestacionalizada estimada, y "t" es el periodo. De la ecuación de la recta se obtiene el nivel (L = 74169.1938) y la tendencia (T = 261.4073).

Paso 2. Estimación del factor estacional

Para obtener el factor estacional, primero se debe calcular la demanda desestacionalizada estimada con la fórmula de la ecuación de la recta. En la tabla 18 se muestra un extracto las demandas desestacionalizadas estimadas y de los factores estacionales calculados.

Tabla 18: Demandas desestacionalizadas estimadas y factores estacionales calculados

Año	Periodo	Demanda en kilogramos	Demanda desestacionalizada	Demanda desestacionalizada estimada	Factor estacional
2015	1	79352.4		74430.60	1.0661
2015	2	86338		74692.00	1.1559
2015	3	46736.8		74953.41	0.6235
2015	4	80269.6		75214.82	1.0672
2015	5	84401.6		75476.23	1.1183
2015	6	43978		75737.63	0.5807
2015	7	84798.4	76315.58	75999.04	1.1158
2015	8	91807.2	76737.6	76260.45	1.2039
2015	9	87896.4	77128.68	76521.85	1.1486
2015	10	68348.8	77125.81	76783.26	0.8902
2015	11	85911.6	77200.81	77044.67	1.1151
2015	12	75540.8	77336.75	77306.08	0.9772
2016	13	80167.2	77489.45	77567.48	1.0335
2016	14	95651.6	77616.83	77828.89	1.2290
2016	15	46809.2	78121.45	78090.30	0.5994
2016	16	80128.4	78927.58	78351.71	1.0227

El factor estacional, por cada periodo, se obtiene calculando la siguiente división:

$$\text{Factor estacional } i = \frac{\text{Demanda}_i}{\text{Demanda desestacionalizada estimada}_i}$$

Con estos factores estacionales, se procederá a calcular los factores estacionales estimados, los cuales servirán para realizar el pronóstico. Primero, se debe determinar la cantidad de ciclos estacionales (r) que se pueden identificar en los datos, este valor se consigue calculando la siguiente división:

$$r = \frac{\text{Cantidad de periodos}}{p}$$

Como el objetivo es pronosticar las ventas del 2019, sólo se tendrán en cuenta los datos mensuales comprendidos entre 2015 y 2018, en total, se tienen 48 datos. De acuerdo con la fórmula, el valor de r sería igual a 12, el cual resultó después de dividir 48 periodos entre 4 (periodicidad). Por otro lado, para el cálculo de los 12 factores estacionales estimados se hará uso de la siguiente fórmula:

$$S_i = \frac{\sum_{j=0}^{r-1} \bar{S}_{j p+i}}{r}$$

Por ejemplo, para obtener el primer factor estacional estimado se aplica la fórmula anteriormente expuesta, obteniéndose lo siguiente:

$$S_i = \frac{S_1 + S_{13} + S_{25} + S_{37}}{4} = \frac{1.0661 + 1.0355 + 1.0424 + 1.0536}{4} = 1.0489$$

Se repite el mismo procedimiento hasta calcular el factor estacional estimado número 12 (S12).

Paso 3. Cálculo de los índices por periodo

Este método se caracteriza por ser iterativo, es decir, para cada periodo se actualizarán los valores de nivel (L), tendencia (T) y factores estacionales, asimismo, es en esta parte donde entran en juego los parámetros de Alfa(α), Beta(β) y Gamma(γ). Cabe mencionar que para la iniciar el modelo se escogen valores, para cada uno de los parámetros, de: 0.1, 0.1, 0.1, respectivamente.

- Nivel (L): La fórmula a usar es la siguiente:

$$L_{t+1} = \alpha \left(\frac{D_{t+1}}{S_{t+1}} \right) + (1 - \alpha)(L_t + T_t)$$

Por ejemplo, para el periodo 1, el nuevo valor de L se obtiene de la siguiente manera:

$$L_1 = 0.1 * \frac{793524}{1.0489} + (1 - 0.1)(74169.1938 + 261.4073) = 74553$$

- Tendencia (T): La fórmula a usar es la siguiente:

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t$$

Por ejemplo, para el periodo 1, el nuevo valor de T se obtiene de la siguiente manera:

$$T_1 = 0.1 * (74553 - 47169.1938) + (1 - 0.1) * 261.4073 = 273.6$$

- Factor estacional (S): La fórmula a usar es la siguiente:

$$S_{t+p+1} = \gamma \left(\frac{D_{t+1}}{L_{t+1}} \right) + (1 - \gamma)S_{t+1}$$

A diferencia de la tendencia y el nivel, este factor se calcula cada 12 meses, es decir, el primer factor estacional estimado a calcular corresponde al periodo 13, asimismo, para dicho periodo, el nuevo valor de S se obtiene de la siguiente manera:

$$S_{13} = 0.1 * \left(\frac{79352.4}{74553} \right) + (1 - 0.1) * 1.0489 = 1.0505$$

De este modo, se procede a realizar los cálculos para parámetro en cada periodo hasta el último mes del 2018.

Paso 4. Cálculo de los pronósticos

El objetivo es estimar el volumen de ventas mensuales del 2019, por ende, el nivel (L) y la tendencia (T) sólo se podrán actualizar hasta el último periodo del 2018, ya que aparentemente no se cuenta con la demanda real del 2019. Los parámetros de nivel y tendencia a usar para el pronóstico del 2019 serán los del mes de diciembre del 2018 y se mantendrán constantes hasta diciembre del 2019. A continuación, se muestra el cálculo del pronóstico de enero y febrero del 2019:

$$F_{Enero} = (88839 + (449.7 * 1)) * 1.0518 = 93912.4472$$

$$F_{Enero} = (88839 + (449.7 * 2)) * 1.0518 = 108394.679$$

Se emplea la misma fórmula hasta el mes de diciembre, los únicos parámetros que varían son: el factor estacional y “t” (t=1, ...,12).

Paso 5. Cálculo de los indicadores de error y optimización de los parámetros α , β , γ

Una vez calculado el pronóstico del 2019 con parámetros iniciales de α , β , γ , de 0.1, 0.1, 0.1, respectivamente, se considera el volumen de ventas reales del 2019 para calcular los diferentes indicadores de error del pronóstico. Con este método y con los parámetros iniciales de α , β , γ , se obtuvo un MAPE de 11.12%, siendo menor que el MAPE que actualmente presenta la empresa. En los **anexos 22, 23, 24**, se muestra el método completo de los 3 productos respectivamente.

Si bien es cierto, con este método y con los parámetros iniciales, se obtuvo un MAPE menor al que se mostró en el diagnóstico de la empresa, aún es posible disminuir el error si es que se logra optimizar los parámetros de alfa, beta y gamma. Gracias a las herramientas de optimización brindadas por Excel, se hizo uso del complemento *SOLVER*, donde se planteó como objetivo disminuir el MAPE, dada las restricciones de que los valores de alfa, beta y gamma deben ser mayores que 0 pero menores que 1. En efecto, después de aplicar la herramienta *SOLVER* se obtuvo un MAPE de 7.58% y los valores de alfa, beta y gamma pasaron a ser: 0.0176, 0.5536, 0.7154 respectivamente para el producto de wafer sabor a vainilla. Este proceso se realizó para cada uno de los productos, obteniendo la minimización del MAPE en cada uno de los pronósticos.

Paso 6. Cálculo de los pronósticos con los parámetros optimizados

Después del cálculo de los parámetros optimizados, se procede a ejecutar nuevamente los pasos 1, 2 y 3. En los **anexos 25, 26, 27**, se muestran los pronósticos y los indicadores de errores, por cada producto, con estos parámetros actualizados.

Método 2: Pronóstico por descomposición con regresión por mínimos cuadrados

Los pasos que se siguieron para el desarrollo de este método se muestran a continuación:

Paso 1. Cálculo de los factores estacionales

Para el cálculo de los factores estacionales se procede, primero, a calcular el promedio del volumen de ventas del mes de enero del 2015, 2016, 2017 y 2018, de la misma forma se procede a calcular el promedio del mes de febrero y así sucesivamente hasta el mes de diciembre. Luego, se suma el volumen de ventas de todos los años y se procede a dividir entre la cantidad de periodos, para este caso, son 48 meses, equivalente a 4 años. Finalmente, se procede a dividir el promedio mensual con este último resultado, obteniendo así el factor estacional por cada mes. En los **anexos 28, 29, 30**, se muestran los cálculos de los factores estacionales por cada producto.

Paso 2. Cálculo de la demanda no estacional y de la ecuación de la recta por el método de mínimos cuadrados

Con los factores estacionales obtenidos en el paso anterior, se calcula la demanda no estacional, la cual servirá para poder obtener la ecuación de regresión lineal con el método de mínimos cuadrados. El cálculo de la demanda no estacional se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$Y_d = \frac{\text{Demanda real}}{\text{Factor estacional}}$$

Después de obtener la demanda no estacional, se procede a multiplicar el periodo por la demanda no estacional, en la tabla 19 se puede observar un extracto de los cálculos.

Tabla 19: Demanda no estacional y cálculo de $t \times Y_d$

Periodo (t)	Mes	Demanda en kg	Factor estacional	Demanda no estacional (Y _d)	$t \times Y_d$
1	Enero	79352.40	1.02	77410.48	77410.48
2	Febrero	86338.00	1.18	73067.14	146134.28
3	Marzo	46736.80	0.59	79034.31	237102.95
4	Abril	80269.60	1.01	78800.27	315201.09
5	Mayo	84401.60	1.06	79348.11	396740.53
6	Junio	43978.00	0.67	65636.36	393818.20
7	Julio	84798.40	1.11	76660.06	536620.48
8	Agosto	91807.20	1.17	78511.73	628093.84
9	Setiembre	87896.40	1.27	68730.11	618570.92
10	Octubre	68348.80	0.86	79211.79	792117.99
11	Noviembre	85911.60	1.12	77923.18	857155.05
12	Diciembre	75540.80	0.92	81241.03	974892.39

Con los valores de la columna “ $t \times Y_d$ ” y el periodo, se procede a calcular la ecuación de regresión por el método de mínimos cuadrados. En este caso, para efectuar el cálculo, se procedió a usar una extensión de Análisis de Datos que viene incorporado en el programa Excel y así obtener la ecuación de la recta. A continuación, se muestra el resultado:

$$Y_d = 73860.951 + 289.982 * t$$

Paso 3. Cálculo de los pronósticos

Para el cálculo de los pronósticos se hace uso de la fórmula de la regresión, asimismo, para las proyecciones correspondientes al 2019, se tienen los periodos a partir del 49 hasta 60 (valores de t). Al reemplazar los valores de t en la ecuación de la regresión, se obtienen las demandas no estacionales estimadas, sin embargo, para obtener el pronóstico, estos valores de deben multiplicar por el factor estacional calculados en el paso 1. Por ejemplo, el cálculo del pronóstico del periodo 50 quedaría así:

$$Y_{50} = 73860.951 + (289.982 * 50) = 88360.0551$$

$$F_{50} = 88360.0511 * 1.8162551 = 104408.4901$$

Paso 4. Cálculo de los indicadores de error

En esta parte se tiene en cuenta la demanda mensual real del 2019, la cual se usará para comparar con el pronóstico realizado en el paso 3 y así calcular los indicadores de error. En los **anexos 31, 32, 33**, se muestran los cálculos de los pronósticos y los tipos de errores para los 3 productos en análisis.

4.1.3 Conclusión de pronósticos

Después de haber realizado los cálculos de los pronósticos de cada producto, se debe escoger el método con el menor error. Cabe mencionar que, para resumir el nombre, al método con suavizamiento

exponencial corregido por tendencia y estacionalidad, se le denominará método 1, el método por descomposición con regresión por mínimos cuadrados, se le denominará método 2. En la tabla 20 se muestran los indicadores de error calculados por cada método y producto.

Tabla 20: Indicadores de error de pronóstico del método 1, método 2 y el método actual de la empresa

Producto	Wafer Vainilla			Wafer Fresa			Wafer Chocolate		
	Método 1	Método 2	Actual	Método 1	Método 2	Actual	Método 1	Método 2	Actual
CFE	24782.11	91462.50	85951.3	12510.74	64023.95	86181.91	15841.81	73170.39	83885.51
MAD	7003.00	11546.76	11834.7	4213.49	8082.74	10388.01	4825.78	9237.42	12027.50
MSE	68566404.41	182924088.44	180466884.8	28377076.10	89633000.04	134596182.05	37341715.93	117071844.94	187655153.85
MAPE	7.58%	11.87%	14.67%	6.61%	11.87%	16.78%	6.61%	11.87%	15.85%

De acuerdo a la tabla 20, se puede observar que, en todos los casos, todos los indicadores de error (CFE, MAD, MSE, MAPE) son menores cuando se empleó el método 1, logrando reducir el MAPE hasta poco menos de la mitad del pronóstico actual, lo que quiere decir que este método se ajusta mejor al comportamiento real de la demanda, haciéndolo más confiable y realista para realizar las proyecciones. Por ende, se concluye que el método 1 es más óptimo que el método 2 y el método actual, asimismo, se puede observar que los indicadores de CFE, MAD y MSE son grandes, esto es debido a que la magnitud del volumen de ventas está dada en kg.

Por último, se desarrolla el pronóstico mensual para el 2020 con el método 1, considerando el volumen de ventas comprendidos entre 2015 hasta el 2019 inclusive. En la tabla 21 se presentan las proyecciones de los productos en análisis. Cabe destacar que estos pronósticos son válidos siempre y cuando todas las condiciones externas a la empresa tales como, clima, PBI, entre otros, mantengan el mismo ritmo y/o tasa. En los **anexos 34, 35, 36** se muestran los cálculos de los pronósticos para el 2020 de wafer vainilla, fresa y chocolate, respectivamente.

Tabla 21: Proyecciones para el 2020 de wafer vainilla, fresa y chocolate en kilogramos

Mes	Sabor			Unidad
	Vainilla	Fresa	Chocolate	
Enero	110073.52	76240.78	87160.58	Kilogramos
Febrero	125829.11	86897.21	99347.08	Kilogramos
Marzo	65456.87	46148.59	52779.33	Kilogramos
Abril	98031.15	65853.33	75288.32	Kilogramos
Mayo	101364.88	69013.14	78887.65	Kilogramos
Junio	78769.38	53252.84	60832.43	Kilogramos
Julio	121996.35	87134.18	99587.73	Kilogramos
Agosto	135627.86	96590.26	110425.3	Kilogramos
Setiembre	133725.19	92318.89	105540.45	Kilogramos
Octubre	69747.18	46471.31	53113.24	Kilogramos
Noviembre	111722.10	78584.59	89830.55	Kilogramos
Diciembre	80974.74	54759.51	62583.06	kilogramos

4.2 Plan Maestro de Producción (PMP)

Para el desarrollo del plan maestro de producción (PMP) se usaron los pronósticos desarrollados previamente, los cuales son el principal *input* para realizar la planificación. Sin embargo, para efectos de cálculo se desarrolla el PMP en cajas de producto terminado y no en kilogramos, asimismo, para realizar dicha conversión, se procedió a dividir los kilogramos proyectados entre el peso de una caja de producto terminado, es decir, se divide los kilos proyectados entre 2.088 kg; para divisiones no exactas se redondea al entero superior. En la tabla 22 se puede observar las proyecciones, de los tres productos en análisis, en cajas.

Tabla 22: Proyecciones, en cajas, para el 2020 de wafer vainilla, fresa y chocolate

Mes	Sabor			Unidad
	Vainilla	Fresa	Chocolate	
Enero	52718	36514	41744	Cajas
Febrero	60263	41618	47581	Cajas
Marzo	31350	22102	25278	Cajas
Abril	46950	31539	36058	Cajas
Mayo	48547	33053	37782	Cajas
Junio	37725	25505	29135	Cajas
Julio	58428	41731	47696	Cajas
Agosto	64956	46260	52886	Cajas
Setiembre	64045	44215	50547	Cajas
Octubre	33404	22257	25438	Cajas
Noviembre	53507	37637	43023	Cajas
Diciembre	38782	26226	29973	Cajas

4.2.1 Desarrollo de PMP

Teniendo en cuenta los pronósticos en cajas de cada uno de los productos, se elabora el PMP de los meses con mayor demanda, es decir, se elabora para los meses de julio, agosto y setiembre, en intervalos semanales. Se escoge analizar este trimestre ya que, si después de realizar el análisis de capacidad, el PMP y MRP propuesto son viable para los meses con mayor demanda, entonces será viable producir para cualquier otro mes del año, por ende, se opta por analizar el peor de los casos.

Para el desarrollo del PMP, la técnica de lote usada es de LxL, ya que, como se verá más adelante, la capacidad de la línea es mayor a la cantidad demandada. Por otro lado, se tendrá en cuenta que el lote mínimo de producción establecido por la empresa, es de 1 588 kg, o lo que equivale a decir, 760 cajas de producto terminado. En la elaboración del PMP se verificará que el lote a producir no sea menor que dicha cantidad, asimismo, en la tabla 23 se muestra el PMP, de los 3 productos, para los meses de julio, agosto y setiembre, divididos en semanas.

Tabla 23: Plan maestro de producción, en cajas, de los 3 productos en los meses de julio, agosto, setiembre

		JULIO					AGOSTO				SETIEMBRE				
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
VAINILLA	Pronóstico en cajas	11686	11686	11686	11686	11686	16239	16239	16239	16239	12809	12809	12809	12809	12809
	Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cantidad en el PMP (cajas)	11686	11686	11686	11686	11686	16239	16239	16239	16239	12809	12809	12809	12809	12809
	Inventario inicial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FRESA	Pronóstico en cajas	8347	8347	8347	8347	8347	11565	11565	11565	11565	8843	8843	8843	8843	8843
	Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cantidad en el PMP (cajas)	8347	8347	8347	8347	8347	11565	11565	11565	11565	8843	8843	8843	8843	8843
	Inventario inicial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHOCOLATE	Pronóstico en cajas	9540	9540	9540	9540	9540	13222	13222	13222	13222	10110	10110	10110	10110	10110
	Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cantidad en el PMP (cajas)	9540	9540	9540	9540	9540	13222	13222	13222	13222	10110	10110	10110	10110	10110
	Inventario inicial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se puede observar en la tabla 23, el inventario final proyectado es de 0 en todas las semanas, no obstante, para la planificación de materiales, sí se considerará el stock de seguridad del producto terminado, cuyo cálculo se detallará en el siguiente acápite. Asimismo, se puede verificar que los lotes a fabricar cada mes varían debido a que la demanda es distinta, además, se verificó que la cantidad a producir es mayor a la cantidad mínima establecida por la empresa. Otro detalle del PMP es que, por semana, como mínimo se harán 3 cambios de sabor, asimismo, actualmente la empresa programa lotes grandes de producción realizando a lo mucho 1 cambio de sabor por semana.

4.2.2 Congelamiento del PMP

Para poder efectuar la planificación de materiales y programación a corto plazo de la producción, es necesario que las cantidades a producir propuestas en el PMP no varíen, ya que en caso este plan sufra alguna alteración se tendría que realizar cambios en la planificación a corto plazo, además, si aumenta la cantidad a producir podría ocasionar desabasto de materiales o, caso contrario, en caso se disminuya la cantidad a producir, podría generar materiales sobrantes lo cual incrementaría los costos de mantener inventario y generaría cambios en los lotes de compra. En efecto, las cantidades y las fechas a producir se mantendrán constantes e invariables para el periodo de planificación propuesto, en periodos semanales, desde julio hasta agosto inclusive, asimismo, no se producirán cambios en las fechas pronosticadas.

4.3 Políticas de inventario de materia prima y producto terminado

De acuerdo a lo explicado en el diagnóstico de la empresa, no existe una política sólida en la gestión de inventarios, debido a que es administrada según la experiencia de los encargados del almacén y logística, lo cual ha traído como consecuencia que muchas veces, cuando llega el día de producir, por ejemplo, wafer fresa, no se cuenta con el 100% de los materiales en la planta, produciendo así cambios en la planificación de la producción, posponiendo la producción de wafer fresa.

Por otro lado, no todas las materias primas o insumos pueden ser tratados de la misma manera, ya que algunas son más costosas que otras o tienen un menor tiempo de vida útil o, algunas, tienen un lead time más alto y necesitan pedirse con mayor anticipación, en consecuencia, se necesita clasificar cada uno de los materiales y así darle diferente atención de acuerdo a su clasificación. En efecto, se desarrollará la clasificación ABC multicriterio para agrupar los materiales, sin embargo, para determinar los tamaños de lote de compra se desarrollan 3 modelos: un modelo de programación lineal, el modelo EOQ y el modelo de programación lineal ajustado; el objetivo de proponer estos modelos es escoger al que tenga la menor suma de los costos de mantener y ordenar, ya que la empresa busca ser competitiva en su sector teniendo los más bajos costos en su cadena de abastecimiento. Asimismo, se calcula un stock de seguridad de todas las materias primas e insumos en función de la variabilidad, en días, del lead time, con el fin de amortiguar variaciones en el consumo de materiales o retrasos del proveedor. Cabe destacar que la empresa ha venido trabajando con un grupo de proveedores durante 15

años, quienes les han brindado productos de calidad, por ende, este criterio no será relevante en el análisis, ya que la compra se hará con los mismos proveedores y se asume que la calidad de los productos entregados será la misma.

4.3.1 Clasificación ABC multicriterio

La fabricación de los productos en análisis requiere de gran cantidad y variedad de materias primas e insumos, los cuales deben administrarse de manera adecuada y óptima para poder abastecer al proceso productivo continuamente y al mínimo costo. La clasificación ABC, como su nombre lo indica, permitirá clasificar los materiales en 3 clases: A, B y C; la clasificación se logra sumando el puntaje asignado, a cada material, según el criterio analizado.

Como ya se mencionó anteriormente, para la clasificación ABC, es necesario asignarles un valor de acuerdo al criterio, los cuales se muestran a continuación:

- **Demanda valorizada:** se refiere al valor anual, en términos monetarios, del material, un mayor valor indica que requiere mayor atención y cuidado ya que la pérdida o caducidad del mismo traería consigo grandes pérdidas. Cabe mencionar que para su cálculo se estimaron las cantidades requeridas de materia prima e insumos en base a los pronósticos.
- **Lead time:** es el tiempo comprendido desde que se emitió la orden de compra hasta que el lote llegue al almacén. Un mayor lead time, indica que debe tener mayor atención y solicitarlo con un mayor margen de tiempo.
- **Desviación del consumo de materiales:** se refiere a la diferencia, en porcentaje, entre el consumo de materiales planificados y el consumo de materiales real. Muchas veces, debido a la generación de mermas, reproceso, ajustes en el proceso, se consume más, o, en algunos casos, menos de lo planificado, por ende, se deberá poner mayor atención a los materiales que presenten una mayor variación.

En la tabla 24 se muestra la matriz de enfrentamiento de los criterios ya mencionados, el objetivo es poder calcular el peso que deberá tener cada factor. Así como en el diagnóstico, el rango de calificación entre factores es de 0 a 2, los cuales significan, menos, igual o más importante que el otro criterio, respectivamente. La asignación de los puntajes se hizo con ayuda del jefe de planta, analista de planificación de materiales y analista de planeamiento de la producción, teniendo en cuenta la siguiente lógica: de acuerdo con los objetivos organizacionales, se deben priorizar los costos, por ello, la demanda valorizada resulta más importante, debido a que posteriormente formará parte del costo de ventas del producto, además de que los precios de las materias primas pueden variar en cualquier momento ya que se trata de *commodities*; respecto a lead time, según datos históricos, no hay mucha variabilidad en la entrega de los pedidos, por ello, asumiendo que esa poca variabilidad se mantiene, los costos asociados a los retrasos no son elevados; por último, la desviación de consumo de materiales, de acuerdo al histórico, existe poca variabilidad, y los costos asociados al desviación no son elevados.

Tabla 24: Matriz de enfrentamiento entre criterios para clasificación ABC

Con respecto a	Demanda valorizada	Lead time (semanas)	Desviación del consumo	Puntaje	Ponderación
Demanda valorizada		2	2	4	67%
Lead time (días)	0		1	1	17%
Desviación del consumo (%)	0	1		1	17%

En el **anexo 37** se muestra la tabla con los datos de la demanda valorizada, el lead time y la desviación del consumo (en porcentaje) por cada uno de los materiales. Por otro lado, debido a que las unidades de los criterios son diferentes, es necesario normalizarlos, es decir, llevarlos a valores comprendidos entre 0 y 1, para así poder multiplicarlos con el peso de su respectivo criterio y luego sumarlos. La fórmula para normalizar los valores, es la siguiente:

$$Dato\ normalizado = \frac{Dato - M\acute{i}n(Datos)}{M\acute{a}x(Datos) - M\acute{i}n(Datos)}$$

Para el criterio de demanda valorizada se tiene, por ejemplo, que el valor máximo es, S/ 2 763 860.06, el mínimo es, S/ 1 581.40, por ende, el dato normalizado para aceite vegetal es:

$$Aceite\ vegetal\ normalizado = \frac{28\ 733.18 - 1\ 581.40}{2\ 763\ 860.06 - 1\ 581.40} = 0.010$$

Este mismo cálculo se hace para cada uno de los materiales por cada criterio, en la tabla 25 se muestran los resultados finales de la normalización, así como la clasificación que reciben.

Tabla 25: Clasificación ABC multicriterio de materias primas e insumos

N°	Texto largo	Demanda valorizada 67%	Lead time (semanas) 17%	Desviación de consumo (%) 16%	Puntaje total	Porcentaje	Acumulado	Clase
1	MANTECA CREMAS	1.0000	0.0	0.218	0.707	8.81%	8.81%	A
2	AZÚCAR BLANCA DOMÉSTICA	0.6257	0.0	0.842	0.562	7.01%	15.82%	
3	HARINA	0.4361	0.0	1.000	0.462	5.76%	21.58%	
4	CACAO EN POLVO	0.0692	1.0	0.904	0.370	4.61%	26.20%	
5	CAJAS	0.2755	0.0	0.999	0.354	4.42%	30.61%	
6	SABORIZANTE DE RON	0.0006	1.0	0.930	0.329	4.10%	34.71%	
7	SABORIZANTE DE CHOCOLATE	0.0127	1.0	0.851	0.323	4.03%	38.74%	
8	LÁMINA UNITARIA FRESA	0.0030	1.0	0.874	0.321	4.00%	42.73%	
9	LÁMINA UNITARIA VAINILLA	0.0045	1.0	0.812	0.311	3.88%	46.61%	
10	ALMIDON MAÍZ	0.1239	0.3	0.989	0.308	3.84%	50.45%	
11	SAL FINAL	0.0009	1.0	0.758	0.299	3.73%	54.18%	
12	LÁMINA PACK FRESA	0.0022	1.0	0.729	0.295	3.68%	57.86%	
13	SABORIZANTE DULCE DE LECHE	0.0017	1.0	0.606	0.274	3.42%	61.28%	
14	SABORIZANTE DE VAINILLA CREMOS	0.0102	1.0	0.454	0.254	3.17%	64.44%	
15	SABORIZANTE DE VAINILLA	0.0008	1.0	0.448	0.247	3.07%	67.52%	
16	PERMEATO DE SUERO	0.0361	0.3	0.923	0.238	2.96%	70.48%	
17	LÁMINA PACK CHOCOLATE	0.0026	1.0	0.375	0.236	2.94%	73.42%	
18	COLORANTE AMARILLO	0	1.0	0.335	0.227	2.83%	76.25%	
19	BICARBONATO DE SODIO	0.0014	0.3	0.991	0.226	2.82%	79.06%	
20	LÁMINA PACK VAINILLA	0.0035	1.0	0.254	0.216	2.69%	81.75%	B
21	LECITINA DE SOYA	0.0097	0.3	0.862	0.210	2.61%	84.37%	
22	DEXTROSA	0.0419	0.3	0.689	0.202	2.52%	86.88%	
23	AROMA DE FRESA	0.0269	1.0	0.041	0.195	2.43%	89.31%	
24	LÁMINA UNITARIA CHOCOLATE	0.0035	1.0	0.118	0.192	2.40%	91.71%	
25	COLORANTE ROJO	0.0016	1.0	0.082	0.185	2.31%	94.02%	
26	ÁCIDO CÍTRICO	0.0000	1.0	0.000	0.170	2.12%	96.14%	C
27	LICOR CACAO EN TROZOS	0.0213	0.3	0.485	0.153	1.91%	98.05%	
28	BICARBONATO DE AMONIO	0.0003	0.3	0.391	0.123	1.54%	99.59%	
29	ACEITE VEGETAL	0.0098	0.0	0.157	0.033	0.41%	100.00%	

De acuerdo a los resultados obtenidos en la clasificación ABC multicriterio, las materias primas que fueron clasificadas como “A” deberán tener especial atención, es decir, deberán presentar mejores condiciones de almacenamiento y reducir la probabilidad de tener mermas. Asimismo, estos productos siempre deberán presentar un stock de seguridad. Respecto a los productos con clasificación “B”, no es necesario invertir mucho para mejorar sus condiciones de almacenamiento, ya que el costo no es tan representativo, no obstante, se deberá tener cuidado de no tener rotura de stock ya que todos los materiales son importantes para poder ejecutar la fabricación de acuerdo al plan de producción. Por

último, respecto a las materias primas clasificadas como “C”, no se deberá poner tanto énfasis en su supervisión y cuidado, no obstante, se deberá evitar llegar a tener un stock equivalente al stock de seguridad con el fin de no tener un rotura de stock debido a que el desabastecimiento de los mismos podría ocasionar que la línea no produzca el producto planificado y se tenga que detener la producción, asimismo, se debe evitar la compra excesiva de este material para así no incrementar los costos de mantener.

4.3.2 Stock de seguridad de materias primas

Para garantizar el constante abastecimiento de materias primas a la línea de producción, se establecerá un stock de seguridad para cada materia prima e insumo, el cual estará en función de la variabilidad del *lead time* del proveedor, el cual está dado en semanas. Asimismo, el stock de seguridad no sólo permitirá amortiguar variaciones de la demanda, también protegerá de aquellas potenciales desviaciones de consumo de materiales. Con el fin de poder minimizar la probabilidad de ocurrencia de rotura de stock, la empresa establece actualmente, como política, tener un 90% de nivel de servicio, asimismo, con el fin de respetar esta política se usará como referencia este porcentaje para calcular el *stock* de seguridad por cada material e insumo; en la tabla 26 se muestran los cálculos del stock de seguridad diario y mensual por cada materia prima e insumo según sus unidades básicas.

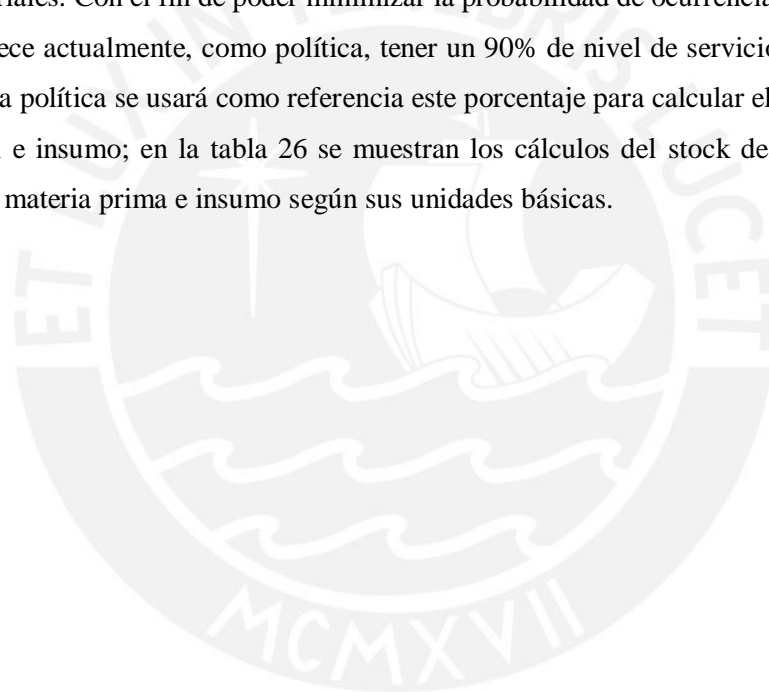


Tabla 26: Stock de seguridad mensual por cada material

N°	Material	Unidad	Desviación estándar del Lead Time	Nivel de servicio (90%)	Stock de Seguridad por día	Stock de Seguridad por mes
1	MANTECA	Cajas	1.7	1.28	5.757	173
2	AZÚCAR BLANCA	Saco	0.79	1.28	2.675	81
3	HARINA	Saco	1.35	1.28	4.588	138
4	ALMIDÓN MAÍZ	Kilo	0.54	1.28	2.586	78
5	CACAO EN POLVO	Kilo	1.65	1.28	7.904	238
6	DEXTROSA	Kilo	0.33	1.28	1.58	48
7	PERMEATO	Kilo	1.02	1.28	4.892	147
8	AROMA FRESA DULCE	Litro	0.44	1.28	3.085	93
9	LICOR DE CACAO	Litro	0.11	1.28	0.527	16
10	SABORIZANTE CHOCOLATE	Litro	0.16	1.28	1.122	34
11	SABORIZANTE VAINILLA	Litro	0.75	1.28	5.258	158
12	ACEITE VEGETAL	Bidón	0.39	1.28	1.321	40
13	LECITINA DE SOYA	Litro	0.74	1.28	3.544	107
14	SABORIZANTE DULCE LECHE	Litro	0	1.28	0	0
15	BICARBONATO SODIO	Kilo	0.4	1.28	1.983	60
16	COLORANTE ROJO	Litro	0	1.28	0	0
17	SAL FINA	Saco	0.13	1.28	0.911	28
18	SABORIZANTE RON	Litro	0	1.28	0	0
19	BICARBONATO DE AMONIO	Kilo	0	1.28	0	0
20	COLORANTE AMARILLO	Litro	0	1.28	0	0
21	ACIDO CITRICO	Kilo	0	1.28	0	0
22	SABORIZANTE VAINILLA CREMOS	Kilo	0	1.28	0	0
23	LÁMINA UNITARIA WAFER VAINILLA	Bobina	0	1.28	0	0
24	LÁMINA UNITARIA WAFER FRESA	Bobina	0	1.28	0	0
25	LÁMINA UNITARIA WAFER CHOCOLATE	Bobina	0	1.28	0	0
26	LÁMINA PACK WAFER CHOCOLATE	Bobina	0	1.28	0	0
27	LÁMINA PACK WAFER FRESA	Bobina	0	1.28	0	0
28	LÁMINA PACK WAFER VAINILLA	Bobina	0	1.28	0	0
29	CAJAS	Caja	1	1.28	3.387	102

La interpretación del stock de seguridad es según las unidades básicas vendidas por los proveedores, las cuales se muestran en el **anexo 38**, por ejemplo, la harina es comprada en sacos de 50kg y, el stock de seguridad es 138, lo cual se entiende como 138 sacos. Asimismo, en la tabla se puede observar que existen materiales que no tienen stock de seguridad, sin embargo, de acuerdo a políticas de inventario de la empresa, se deben tener como mínimo 4 unidades básicas por cada material, por ejemplo, el stock de seguridad de saborizante ron es de 0 unidades, sin embargo, se deberán mantener 4 litros en inventario. En la tabla 27 se muestra el stock de seguridad ajustado por cada material.

Tabla 27: Stock de seguridad ajustado para cada material

N°	Material	Unidad	Stock de Seguridad por mes	Stock de Seguridad ajustado por mes
1	MANTECA CREMAS	Cajas	173	173
2	AZÚCAR BLANCA	Saco	81	81
3	HARINA	Saco	138	138
4	ALMIDÓN MAÍZ	Kilo	78	78
5	CACAO EN POLVO	Kilo	238	238
6	DEXTROSA	Kilo	48	48
7	PERMEATO	Kilo	147	147
8	AROMA FRESA DULCE	Litro	93	93
9	LICOR DE CACAO	Litro	16	16
10	SABORIZANTE CHOCOLATE	Litro	34	34
11	SABORIZANTE VAINILLA	Litro	158	158
12	ACEITE VEGETAL	Bidón	40	40
13	LECITINA DE SOYA	Litro	107	107
14	SABORIZANTE DULCE LECHE	Litro	0	4
15	BICARBONATO SODIO	Kilo	60	60
16	COLORANTE ROJO	Litro	0	4
17	SAL FINA	Saco	28	28
18	SABORIZANTE RON	Litro	0	4
19	BICARBONATO DE AMONIO	Kilo	0	4
20	COLORANTE AMARILLO	Litro	0	4
21	ACIDO CITRICO	Kilo	0	4
22	SABORIZANTE VAINILLA CREMOS	Kilo	0	4
23	LÁMINA UNITARIA WAFER VAINILLA	Bobina	0	4
24	LÁMINA UNITARIA WAFER FRESA	Bobina	0	4
25	LÁMINA UNITARIA WAFER CHOCOLATE	Bobina	0	4
26	LÁMINA PACK WAFER CHOCOLATE	Bobina	0	4
27	LÁMINA PACK WAFER FRESA	Bobina	0	4
28	LÁMINA PACK WAFER VAINILLA	Bobina	0	4
29	CAJAS	Caja	102	102

4.3.3 Establecimiento de políticas de inventarios y tamaños de lote

La empresa busca priorizar la disminución de los costos y, una herramienta muy útil que ayuda a optimizar los recursos, es la modelación matemática, su solución se usará como base para determinar los tamaños del lote que se deben comprar y, además, determinará el inventario final proyectado, sin embargo, este resultado será ajustado según la realidad de la empresa y la política de los proveedores, asimismo, la formulación algebraica del modelo se encuentra en el **anexo 39**. Por otro lado, el modelo

EOQ es uno de los más recomendados en la literatura, por ende, también se realizará el cálculo con este modelo para luego comparar con los otros dos modelos y escoger el de menor costo total. Cabe mencionar que las soluciones mostradas por el modelo matemático, EOQ y modelo matemático ajustado son para un periodo de planificación de 12 meses, sin embargo, para el desarrollo del MRP sólo se mostrarán los resultados correspondientes a los meses desde julio hasta setiembre.

Para realizar los cálculos es necesario contar con los costos de ordenar y mantener inventario, dicha información fue proporcionada por el área de Logística, quienes, con ayuda del Analista de Costos, determinaron que los costos, para cualquier material, son de S/ 105.7 y S/ 0.016 para ordenar y mantener respectivamente. El costo de mantener inventario aplica a todos los materiales sin importar la unidad de medida usada, por ejemplo, cuesta igual mantener 1 saco de harina de 50kg que mantener una caja de 10kg de manteca, lo mismo ocurre con el costo de ordenar. De acuerdo con la información brindada, se hicieron los cálculos con la modelación matemática y modelo EOQ, además, se hizo el ajuste de los resultados de la modelación matemática.

- **Programación lineal**

A continuación, se muestra el procedimiento para realizar el cálculo mediante programación lineal, en este caso, se usará como ejemplo la materia prima harina, cabe mencionar que el proceso descrito es el mismo para todos los materiales.

- **Paso 1**, determinar los requerimientos mensuales por cada materia prima o insumo, según los pronósticos de productos terminados.
- **Paso 2**, armar una tabla, así como la mostrada en la tabla 28. Los requerimientos calculados en el paso 1, deberán ir en la fila de “Requerimientos”, el inventario inicial del primer periodo se asume como 0, el inventario inicial del segundo periodo es equivalente al inventario final del periodo anterior y así sucesivamente. La cantidad a ordenar es una variable entera, asimismo, se colocan valores de 0 para cada mes, porque aún no se sabe cuánto se ordenará; la decisión de ordenar es una variable binaria, será 1 cuando se debe emitir una orden de compra y 0 cuando no debe emitirse, en este paso se coloca 0 a todos los meses. Por último, el inventario final proyectado, en el periodo “t”, se define como: $\text{Inventario inicial}(t) + \text{Cantidad a ordenar}(t) - \text{Requerimiento}(t)$.
- **Paso 3**, por medio de la herramienta *Solver*, que proporciona el programa de Microsoft Excel, seleccionar la celda que contiene a la función objetivo y restricciones, luego, se procede a resolver el problema. La formulación del modelo propuesto se encuentra en el **anexo 40**.

Tabla 28: Resultados propuestos por el modelo de programación lineal para la harina

Costo de ordenar	S/. 423.00
Costo de mantener	S/. 306.00
Costo total	S/. 729.00

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento	1776	2027	1068	1554	1619	1253	2005	2225	2154	1100	1820	1288
Inventario Inicial	0	3095	1068	0	2872	1253	0	2225	0	4208	3108	1288
Cantidad a ordenar	4871	0	0	4426	0	0	4230	0	6362	0	0	0
Decisión de ordenar	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Inventario final proyectado	3095	1068	0	2872	1253	0	2225	0	4208	3108	1288	0

La interpretación de los resultados es la siguiente: en el mes 1 se tiene una demanda de 1776 sacos de harina, por ende, se procederá a realizar una orden de compra por 4871 sacos, quedando 3095 sacos en almacén como inventario final del mes 1, asimismo, el mes 2, comienza con un inventario inicial de 3095 sacos y, a su vez, tiene una demanda de 2027 sacos, no obstante, para este periodo no se emiten órdenes de compra ya que con el inventario se podrá cubrir la necesidad del mes, finalmente, el periodo 2 termina con un inventario final de 1068 sacos. La lógica es la misma para los demás meses.

- **Modelo EOQ**

El modelo EOQ busca determinar el tamaño de lote que minimice la suma de los costos de ordenar y de mantener, por ende, para su aplicación, se hará uso de la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * A}{h}}$$

Donde:

- EOQ: Cantidad económica a ordenar
- D: Demanda anual
- A: Costo de ordenar
- h: Costo de mantener inventario

Asimismo, se tienen los siguientes datos:

- D = 19 889 sacos
- A = 105.7
- H = 0.02

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene que el tamaño de lote económico (EOQ) debe ser igual a 16 211 sacos, asimismo, el costo de ordenar resulta ser S/ 211.0 y el costo de mantener de S/ 1 810, finalmente se obtiene un costo total de S/ 2 022.

- **Programación lineal ajustada**

Muchas veces el resultado obtenido con el modelo de programación lineal es el de más bajo costo, pero no siempre es viable, por ende, se opta por realizar un ajuste a los resultados obtenidos. Cabe mencionar que es un proceso iterativo, ya que no sólo se tiene en cuenta la política del proveedor, también se busca tener un costo total bajo y evitar tener roturas de stock. Para el caso específico de la harina, el proveedor admite como mínimo 5000 sacos y, en caso de pedir más, admite pedidos múltiplos de 500, es decir, no se puede realizar una compra de 5100 o 5200 sacos, sólo se admiten compras de 5500, 6000, 6500 sacos. Con el fin de acercarse más al pedido mínimo exigido por el proveedor, se escoge un tamaño de lote de 5500, los resultados se muestran en la tabla 29.

Tabla 29: Resultados propuestos por el modelo de programación lineal ajustado

Costo de ordenar	S/. 423.00
Costo de mantener	S/. 560.00
Costo total	S/. 983.00

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento	1776	2027	1068	1554	1619	1253	2005	2225	2154	1100	1820	1288
Inventario Inicial	0	3724	1697	629	4575	2956	1703	5198	2973	819	5219	3399
Cantidad a ordenar	5500	0	0	5500	0	0	5500	0	0	5500	0	0
Decisión de ordenar	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Inventario final proyectado	3724	1697	629	4575	2956	1703	5198	2973	819	5219	3399	2111

Cabe destacar que se probó usando un tamaño de lote de 5 000 sacos, sin embargo, se obtuvo una rotura de stock en el periodo 9, creando la necesidad de emitir una nueva orden de compra, lo cual hace que el costo total incremente más, en cambio, con 5 500 sacos, se obtiene un costo mucho menor que el obtenido por el modelo EOQ.

Por último, en la tabla 30 se muestra un resumen del tamaño de lote, inventario promedio y costo total, obtenidos por cada uno de los modelos propuestos y por cada material.

Tabla 30: Tamaño de lote, Inventario promedio y costo totales anuales de inventarios por cada modelo y material

N°	Material	Programación lineal			EOQ			Programación lineal ajustada		
		Tamaño de lote	Inventario promedio	Costo total	Tamaño de lote	Inventario promedio	Costo total	Tamaño de lote	Inventario promedio	Costo total
1	MANTECA CREMAS	Variable	1503	S/. 1,134.00	31719	16676	S/. 3,519.00	Múltiplos de 1000	1024	S/. 1,465.00
2	AZÚCAR BLANCA DOMÉSTICA	Variable	1712	S/. 963.00	23906	22222	S/. 4,584.00	8500	4774	S/. 1,551.00
3	HARINA	Variable	1593	S/. 729.00	16211	9429	S/. 2,022.00	5500	2917	S/. 983.00
4	ALMIDÓN MAÍZ	L x L	81	S/. 1,284.00	52978	21476	S/. 4,546.00	L x L	81	S/. 1,284.00
5	CACAO EN POLVO	Variable	1844	S/. 882.00	21247	10543	S/. 2,236.00	Múltiplos de 1000	2684	S/. 1,150.00
6	DEXTROSA	Lote único: 1084	494	S/. 200.00	3785	3195	S/. 719.00	400	210	S/. 357.00
7	PERMEATO SUERO	Variable	1749	S/. 864.00	20669	11812	S/. 2,479.00	6500	2972	S/. 1,099.00
8	AROMA FRESA DULCE	Variable	203	S/. 250.00	3772	3186	S/. 717.00	600	314	S/. 272.00
9	LICOR DE CACAO EN TROZOS	Variable	1072	S/. 417.00	8674	5573	S/. 1,176.00	2860	1189	S/. 440.00
10	SABORIZANTE CHOCOLATE	Lote único: 826	376	S/. 178.00	3304	2854	S/. 654.00	300	150	S/. 346.00
11	SABORIZANTE VAINILLA CREMOS	Lote único: 830	378	S/. 178.00	2860	3312	S/. 655.00	225	110	S/. 444.00
12	ACEITE VEGETAL	Lote único: 321	146	S/. 134.00	2060	1885	S/. 468.00	200	125	S/. 235.00
13	LECITINA DE SOYA	Variable	1123	S/. 533.00	11041	6016	S/. 1,261.00	2000	975	S/. 716.00
14	SABORIZANTE DULCE LECHE	Lote único: 181	83	S/. 122.00	1548	1449	S/. 384.00	100	51	S/. 221.00
15	BICARBONATO SODIO	Variable	743	S/. 354.00	7210	5067	S/. 1,079.00	2000	857	S/. 376.00
16	COLORANTE ROJO	Lote único: 134	61	S/. 117.00	1329	1256	S/. 347.00	70	38	S/. 219.00
17	SABORIZANTE VAINILLA	Lote único: 91	41	S/. 114.00	1095	1046	S/. 306.00	50	30	S/. 217.00
18	SAL FINA	Lote único: 281	128	S/. 130.00	1927	1774	S/. 446.00	200	130	S/. 236.00

19	SABORIZANTE RON	Lote único: 90	41	S/. 114.00	1091	1042	S/. 306.00	55	33	S/. 218.00
20	BICARBONATO DE AMONIO	Lote único: 1583	721	S/. 244.00	4574	3712	S/. 818.00	700	363	S/. 387.00
21	COLOR AMARILLO ARTRAZI	Lote único: 103	47	S/. 115.00	1166	1110	S/. 319.00	60	39	S/. 219.00
22	ACIDO CITRICO	Lote único: 431	196	S/. 143.00	2387	2152	S/. 519.00	220	95	S/. 230.00
23	LÁMINA UNITARIA WAFER VAINILLA	Variable	671	S/. 340.00	5419	4209	S/. 914.00	1000	540	S/. 421.00
24	LÁMINA UNITARIA WAFER FRESA									
25	LÁMINA UNITARIA WAFER CHOCOLATE									
26	LÁMINA PACK WAFER CHOCOLATE	Lote único: 2309	1400	S/. 375.00	4696	3787	S/. 833.00	1000	508	S/. 309.00
27	LÁMINA PACK WAFER FRESA									
28	LÁMINA PACK WAFER VAINILLA									
29	CAJAS	Variable	556	S/. 318.00	6231	4631	S/. 995.00	1470	605	S/. 328.00

El cálculo del tamaño de lote en el modelo de “Programación lineal ajustada” fue hecho principalmente en base a las políticas del proveedor, por ejemplo, algunos sólo admiten pedidos en cantidades que sean múltiplos de 1000 o 500, otros proveedores si admiten cantidades variables. Asimismo, de acuerdo a lo mostrado en la tabla 30, se puede observar que la solución que brinda el modelo matemático ajustado es más económica, además, se tiene un menor inventario promedio a comparación del modelo EOQ, por lo cual, se opta por usar la solución ajustada para establecer los tamaños de lote. Cabe mencionar que la solución ajustada no sólo proporciona la cantidad a solicitar, además nos indica el momento en que se debe emitir la orden de compra, estas emisiones se verán a detalle en el plan de requerimiento de materiales (MRP). Para el caso de las láminas unitaria y pack, se “unificó” la demanda, es decir, se sumaron los requerimientos de lámina por producto, ya que la orden de compra se realiza al mismo proveedor. En la tabla 31 se muestra el resumen de los costos totales por cada modelo, donde se puede observar que usando el último modelo se pueden obtener ahorros de S/ 18 853.00 soles anuales.

Tabla 31: Costos totales por modelo propuesto

Modelo	Costo total
Programación lineal	S/. 10,266.00
EOQ	S/. 32,302.00
Programación lineal ajustado	S/. 13,654.00

4.3.4 Stock de seguridad de producto terminado

Los productos que son fabricados son llevados al almacén para su posterior distribución, asimismo, las políticas de la empresa establecen que se debe mantener un 4% de stock de seguridad de producto terminado, es decir, tendrá como mínimo 4% mensual, en cajas, de wafer vainilla, chocolate y fresa respectivamente. La empresa estimó ese porcentaje debido a restricciones de capacidad del almacén de productos terminados y a los costos de mantener inventario. Cabe mencionar que el stock de seguridad es variable debido la demanda es distinta cada mes; en la tabla 32 se muestra un resumen del stock de seguridad por cada producto y mes.

Tabla 32: Stock de seguridad mensual, en cajas, por producto terminado

Mes\Producto	Wafer vainilla	Wafer Chocolate	Wafer Fresa	Unidades
Enero	2109	1670	1461	Cajas
Febrero	2411	1904	1665	Cajas
Marzo	1254	1012	885	Cajas
Abril	1878	1443	1262	Cajas
Mayo	1942	1512	1323	Cajas
Junio	1509	1166	1021	Cajas
Julio	2338	1908	1670	Cajas
Agosto	2599	2116	1851	Cajas
Setiembre	2562	2022	1769	Cajas
Octubre	1337	1018	891	Cajas
Noviembre	2141	1721	1506	Cajas
Diciembre	1552	1199	1050	Cajas

4.4 Planificación de requerimiento de materiales

Para el desarrollo del plan de requerimiento de materiales se integraron los pronósticos de cada producto terminado, la información sobre los inventarios y tamaños de lote de compra de las materias primas e insumos, las cuales fueron presentadas en acápite anteriores y, por último, pero no menos importante, se estableció la lista de materiales (BOM) de cada producto terminado. En efecto, con la información presentada y el *lead time* (en semanas) por cada material se desarrolló el MRP para los tres productos: wafer vainilla, wafer fresa y wafer chocolate. En última instancia, se muestran las emisiones de órdenes de compra, producción e inventarios proyectados para los productos analizados.

4.4.1 Lista de materiales

Debido a la naturaleza de los productos, la lista de materiales de los 3 productos en análisis es muy parecida, las diferencias radican en los colorantes y saborizantes que se usan para la preparación de la crema. Para la elaboración de la oblea, no hay variación, es decir, se usan exactamente las mismas materias primas y las mismas cantidades para cada producto, lo cual facilita su comprensión y cálculo de necesidades brutas. En la figura 19 se presenta la lista de materiales para wafer vainilla, asimismo, en los **anexos 41** y **42**, se muestra la lista de materiales para wafer fresa y chocolate respectivamente.

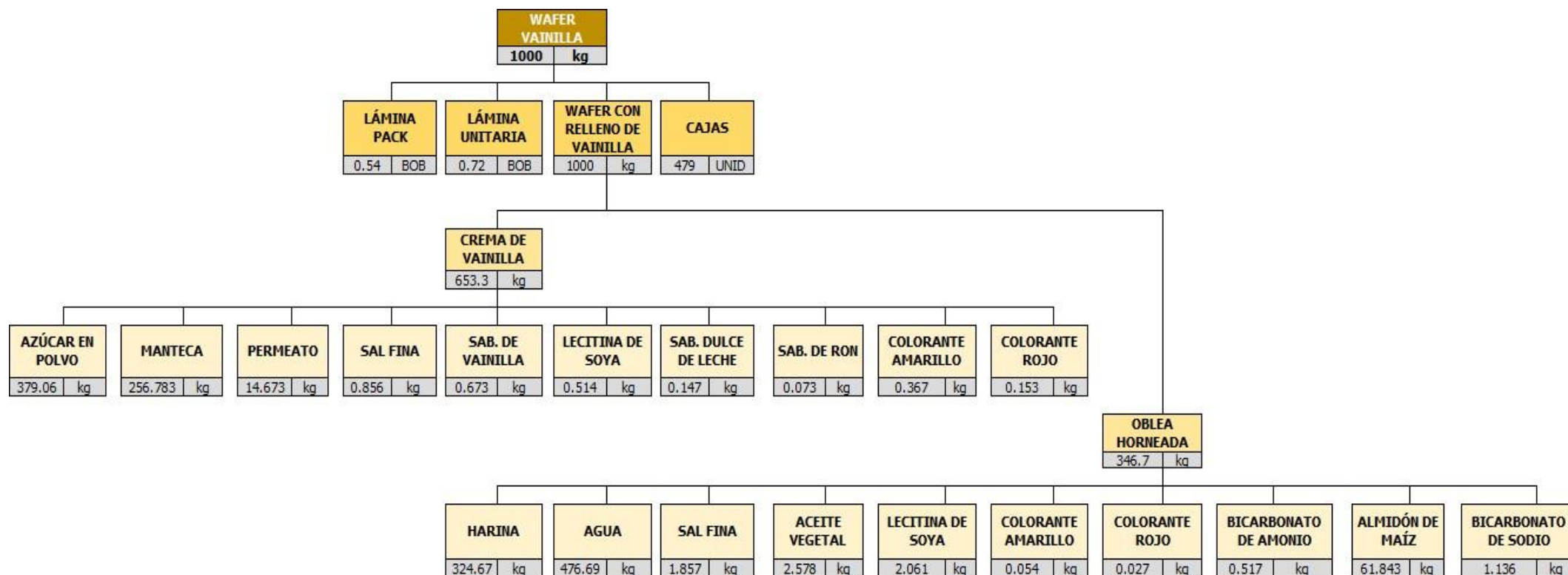


Figura 19: Lista de materiales para wafer vainilla

Fuente: La empresa

4.4.2 Resumen de políticas de compra propuesta

En este acápite se resumen las políticas de compra por cada material, asimismo, en la tabla 33 se muestra el stock de seguridad y el lead time en semanas.

Tabla 33: Resumen de políticas de compra de materias primas

N°	Material	Unidad	Programación lineal ajustado		
			Tamaño de lote	Stock de seguridad	Lead Time en semanas
1	MANTECA CREMAS	cajas	Múltiplos de 1000	173	1
2	AZÚCAR BLANCA DOMÉSTICA	sacos	8500	81	1
3	HARINA	sacos	5500	138	1
4	ALMIDÓN MAÍZ	kg	LxL	78	2
5	CACAO EN POLVO	kg	Múltiplos de 500	238	2
6	DEXTROSA	kg	400	48	2
7	PERMEATO SUERO	kg	6500	147	2
8	AROMA FRESA DULCE	L	600	93	4
9	LICOR DE CACAO EN TROZOS	L	2860	16	2
10	SABORIZANTE CHOCOLATE	L	300	34	4
11	SABORIZANTE VAINILLA CREMOS	L	225	158	4
12	ACEITE VEGETAL	bidón	200	40	1
13	LECITINA DE SOYA	L	2000	107	2
14	SABORIZANTE DULCE LECHE	L	100	4	4
15	BICARBONATO SODIO	kg	2000	60	2
16	COLORANTE ROJO	L	70	4	4
17	SABORIZANTE VAINILLA	L	272	181	4
18	SAL FINA	sacos	200	28	4
19	SABORIZANTE RON	kg	50	72	4
20	BICARBONATO DE AMONIO	kg	700	4	2
21	COLOR AMARILLO TARTRAZI	kg	60	4	4
22	ACIDO CITRICO	kg	220	4	1
23	LÁMINA UNITARIA WAFER VAINILLA	bobinas	1000	4	4
24	LÁMINA UNITARIA WAFER FRESA	bobinas			
25	LÁMINA UNITARIA WAFER CHOCOLATE	bobinas			
26	LÁMINA PACK WAFER CHOCOLATE	bobinas	1000	4	4
27	LÁMINA PACK WAFER FRESA	bobinas			
28	LÁMINA PACK WAFER VAINILLA	bobinas			
29	CAJAS	paquete	1470	102	1

4.4.3 Resumen de los pronósticos

De acuerdo al análisis de la demanda de los 3 productos, se pudo concluir que existía estacionalidad y una leve tendencia en las ventas. Asimismo, para el desarrollo de los pronósticos, se propusieron dos métodos cuantitativos, no obstante, se escogió el método 1 porque, a comparación del método actual y del método 2, presentaba indicadores de error más bajo. En efecto, se empleó el método 1 para realizar las proyecciones, para el 2020, de las ventas de los 3 productos; el resumen de los pronósticos fue mostrado en la tabla 22.

4.4.4 Resumen de políticas de inventario de productos terminados

Una vez terminada la producción para cada sabor, deben pasar a almacén de productos terminados y, posteriormente, se irán despachando a los diferentes centros de distribución y puntos de venta, asimismo, el stock de seguridad calculado se muestra en la tabla 32. Cabe mencionar que la regla de despacho es FIFO (*First in First Out*), es decir, los primeros productos en entrar al almacén son los primeros en ser despachados, se opta por esta política debido a que son productos perecibles.

4.4.5 Consideraciones previas

- Los intervalos de tiempo desarrollados en el MRP son en semanas debido a que el plan maestro de producción se hizo con la misma periodicidad, asimismo, el *lead time* se ha considerado en semanas, los datos originales son en días, no obstante, se pasaron a su equivalente en semanas.
- El presente trabajo sólo presenta la planificación de materiales de los meses de mayor demanda, es decir, de los meses de julio, agosto y setiembre, sin embargo, la planificación se hizo considerando todos los meses del año, en el **anexo 43** se muestra la MRP propuesta para el 2020.
- El MRP se mostrará para todos los productos, debido a que, como se explicó anteriormente, las materias primas usadas son casi las mismas, sólo varían en los colorantes y saborizantes usados para la preparación de la crema.

4.4.6 Desarrollo de MRP

Considerando la información mencionada anteriormente, se realiza el plan de requerimiento de materiales (MRP), el cual integra los 3 productos en análisis de los meses de julio, agosto y setiembre y es mostrado en el **anexo 44**. Asimismo, como resultado de haber desarrollado el MRP, se presentan los siguientes reportes:

- Emisiones de fabricación de producto terminados y semiterminados, mostrados en la tabla 34.
- Reporte de inventarios proyectados de productos terminados y semiterminados, mostrados en la tabla 35.
- Reporte de emisiones de compra de materias primas e insumos, mostrados en la tabla 36.
- Reporte de inventarios proyectados de materias primas e insumos mostrados en la tabla 37.

Tabla 34: Reporte de emisiones de fabricación, en cajas, para los productos terminados y semiterminados

Producto	JULIO					AGOSTO				SETIEMBRE				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
Wafer vainilla	12152	12152	12152	12152	12152	16886	16886	16886	16886	13320	13320	13320	13320	13320
Wafer fresa	8679	8679	8679	8679	8679	12026	12026	12026	12026	9196	9196	9196	9196	9196
Wafer chocolate	9920	9920	9920	9920	9920	13749	13749	13749	13749	10512	10512	10512	10512	10512
Oblea horneada	22260.9	22260.9	22260.9	22260.9	22260.9	30882.7	30882.7	30882.7	30882.7	23909.3	23909.3	23909.3	23909.3	23909.3
Crema vainilla	16576.4	16576.4	16576.4	16576.4	16576.4	23034.0	23034.0	23034.0	23034.0	18169.7	18169.7	18169.7	18169.7	18169.7
Crema fresa	11838.9	11838.9	11838.9	11838.9	11838.9	16404.6	16404.6	16404.6	16404.6	12544.2	12544.2	12544.2	12544.2	12544.2
Crema chocolate	13531.8	13531.8	13531.8	13531.8	13531.8	18754.9	18754.9	18754.9	18754.9	14339.3	14339.3	14339.3	14339.3	14339.3

Tabla 35: Inventarios proyectados, en cajas, de productos terminados y semiterminados

Producto	JULIO					AGOSTO				SETIEMBRE				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
Wafer vainilla	466	466	466	466	466	647	647	647	647	511	511	511	511	511
Wafer fresa	332	332	332	332	332	461	461	461	461	353	353	353	353	353
Wafer chocolate	380	380	380	380	527	527	527	527	402	402	402	402	402	0
Oblea horneada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crema vainilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crema fresa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crema chocolate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 36: Reporte de emisiones de órdenes de compra para los 3 productos en análisis

Producto	JULIO					AGOSTO				SETIEMBRE				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
Lámina unitaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lámina pack	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina	0	0	5500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manteca	7000	0	0	0	8000	0	0	0	8000	0	0	0	0	0
Azúcar blanca	0	0	0	0	8500	0	0	0	0	0	0	0	8500	0
Aceite vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sal fina	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Almidón de maíz	0	0	0	23608	0	0	0	22848	0	0	0	0	0	0
Lecitina de soya	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato de sodio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permeato	0	0	0	0	6500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sab. De vainilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sab. Dulce leche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sab. Ron	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Colorante amarillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Colorante rojo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonato de amonio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dextrosa	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0
Ácido cítrico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aroma dulce fresa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licor de cacao	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cacao en polvo	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	0	0	0	0	0
Sab. Chocolate	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0	300	0	0	0
Sab. Vainilla cremos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0

Tabla 37: Reporte de inventarios proyectados de materias primas e insumos

Producto	JULIO					AGOSTO				SEPTIEMBRE				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
Lámina unitaria	836	788	740	692	644	578	512	446	380	328	276	224	172	120
Lámina pack	151	116	81	46	1011	962	913	864	815	777	739	701	663	625
Cajas	1439	1377	1315	1253	1191	1105	1019	933	847	780	713	646	579	512
Harina	1292	891	490	5589	5188	4631	4074	3517	2960	2529	2098	1667	1236	805
Manteca	858	6323	4788	3253	1718	7588	5458	3328	1198	7548	5898	4248	2598	948
Azúcar blanca	4394	3522	2650	1778	906	8196	6986	5776	4566	3629	2692	1755	818	8381
Aceite vegetal	234	227	220	213	206	197	188	179	170	163	156	149	142	135
Sal fina	52	46	40	34	228	220	212	204	196	190	184	178	172	166
Almidón de maíz	18882	14627	10372	6117	1862	19567	13664	7761	1858	20136	15566	10996	6426	1856
Lecitina de soya	1492	1305	1118	931	744	485	226	1967	1708	1508	1308	1108	908	708
Bicarbonato de sodio	67	1987	1907	1827	1747	1636	1525	1414	1303	1217	1131	1045	959	873
Permeato	3705	3056	2407	1758	1109	208	5807	4906	4005	3304	2603	1902	1201	500
Sab. De vainilla	214	212	210	208	206	203	200	197	194	192	190	188	186	184
Sab. Dulce leche	101	97	93	89	85	80	75	70	65	61	57	53	49	45
Sab. Ron	42	40	38	36	34	31	28	25	22	20	18	16	14	12
Colorante amarillo	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18
Colorante rojo	59	56	53	50	47	43	39	35	31	28	25	22	19	16
Bicarbonato de amonio	614	582	550	518	486	441	396	351	306	271	236	201	166	131
Dextrosa	265	243	221	199	177	146	115	84	53	429	405	381	357	333
Ácido cítrico	4	215	206	197	188	175	162	149	136	126	116	106	96	86
Aroma dulce fresa	665	643	621	599	577	546	515	484	453	429	405	381	357	333
Licor de cacao	81	2824	2707	2590	2473	2311	2149	1987	1825	1701	1577	1453	1329	1205
Cacao en polvo	4875	7037	6339	5641	4943	3975	3007	2039	1071	331	4591	3851	3111	2371
Sab. Chocolate	187	170	153	136	119	95	71	47	23	5	287	269	251	233
Sab. Vainilla cremos	24	232	215	198	181	158	135	112	89	71	53	35	17	224

Con respecto a las emisiones de órdenes de fabricación, se puede observar que, como se detalló en el PMP, los lotes son variables, es decir, la técnica usada es la de LxL. Asimismo, respecto los inventarios proyectados de productos terminados y semiterminados, mostrados en la tabla 35, se puede observar que, en el caso de los productos terminados, al finalizar la semana sólo se mantendrá el inventario de stock de seguridad, por otro lado, para los semiterminados se tiene un inventario de cero, ya que el proceso productivo es en línea y todo lo que se produce se debe envasar. Uno de los principales motivos para no tener inventario en proceso, es porque los productos en proceso no tienen una vida útil prolongada y, además, necesitan estar a temperaturas de 18°C para mantenerse en buen estado, lo cual haría que mantenerlos en un almacén resulte más caro.

En la tabla 34 y 35 se mostraron las emisiones de compra y los inventarios proyectados respectivamente; como se pudo inferir anteriormente, debido al alto costo de ordenar, la cantidad de veces que se emite una orden de compra es baja, por lo que se prefiere mantener inventario para evitar roturas de stock de materias primas e insumos, así como para cubrir futuras desviaciones de los consumos de materiales o variaciones de la demanda.

4.5 SMED

La línea de producción, como ya se mencionó anteriormente, produce 1 producto con 3 sabores distintos, no obstante, los tiempos de cambio de sabor son elevados, en promedio toma 2.5 horas y, en un futuro, este elevado tiempo podría ocasionar problemas ya que, por ejemplo, el pronóstico siempre tiene un error y, un cambio en la demanda, podría ocasionar que la línea no sea lo suficientemente flexible para atenderla. En este acápite se mostrará la aplicación de la herramienta SMED para poder reducir dichos tiempos. El proceso de aplicación se llevará a cabo con la implementación de 3 fases.

Planificación de las fases

Fase 1. Formación del equipo y levantamiento de información

En esta primera fase, se procederá a formar un equipo, el cual estará conformado por el supervisor, inspector de procesos y operarios. Luego, se procederá a levantar información de la situación actual del proceso, tales como actividades y tiempos. Cabe mencionar que esta información también será comparada y validada con los procedimientos de limpieza previamente elaborados, asimismo, se buscará identificar las actividades que conforman la ruta crítica para así poder trabajar en la reducción de los tiempos de dichas actividades.

Fase 2. Clasificación de actividades

En esta fase se clasificará las actividades como internas o externas y, a su vez, en actividades de espera, transporte o proceso de cambio. Además, se estimará los porcentajes de tiempo, respecto al tiempo total, que representa cada tipo de actividad.

Fase 3. Propuestas de mejora

En esta fase se propondrán las mejoras en las actividades que tienen mayor duración, asimismo, se presentará el nuevo tiempo de duración de todo el proceso de cambio de sabor.

Implementación de las fases

Fase 1. Levantamiento de información

El levantamiento de información se hizo a través de las siguientes actividades:

- Filmación del proceso de cambio de sabor
- Toma de tiempos
- Procedimientos previamente elaborados del cambio de sabor

En la tabla 38 se muestran las actividades principales que conforman el proceso, cabe mencionar que cada actividad que se muestra está conformada por sub actividades y que la línea cuenta con 12 operarios.



Tabla 38: Principales actividades para realizar el cambio de sabor

Nº	Actividades	# operarios	Duración(min)	Actividad predecesora
1	Limpieza de batidora de crema	1	60	-
2	Limpieza se la faja que conecta que conecta el horno y la máquina encremadora	1	40	-
3	Limpieza de la faja que conecta la máquina la máquina encremadora y la cámara de frío	1	40	-
4	Limpieza de la faja que conecta la cámara de frío con la la cortadora	1	40	-
5	Limpieza de la faja que conecta la cortadora con el brazo empujador	1	40	-
6	Limpieza de la faja que conecta el brazo empujador con la envasadora unitaria	1	40	-
7	Limpieza de la faja que conecta la envasadora unitaria con la envasadora pack	2	40	-
8	Limpieza de la faja que conecta la envasadora pack con la máquina encajadora	1	40	-
9	Limpieza de la máquina encremadora	1	45	-
10	Limpieza de la máquina brazo empujador	1	40	-
11	Limpieza de la máquina cortadora	1	40	-
12	Limpieza de cámara de frío	2	80	10,11
13	Limpieza de máquina envasadora pack	1	25	8
14	Limpieza de máquina envasadora unitaria	1	25	7
15	Prueba de hisopado en la máquina encremadora	1	10	9
16	Prueba de hisopado en la cámara de frío	1	10	12
17	Prueba de hisopado en la máquina cortadora	1	10	11
18	Pruebas iniciales en el horno con la línea	1	15	15,16,17

Fuente: La empresa

Como se puede observar en la tabla 38 se requieren ejecutar 18 actividades para completar el realizar el cambio de sabor, sin embargo, se decide escoger la actividad 12 para la aplicación de la herramienta SMED, por los siguientes motivos:

- Pertenece a la ruta crítica (actividades 10, 11, 12, 18), por ende, una disminución o aumento en el tiempo de ejecución de dicha actividad podría alterar la duración total del cambio de sabor.
- Es la actividad que tiene mayor duración (80 minutos).
- Para poder ejecutar dicha actividad, se requiere de mayor cantidad de mano de obra a comparación de las otras actividades.

Asimismo, para un mejor análisis, en la tabla 39 se muestran las sub actividades de la actividad “Limpiar cámara de frío” (12).

Tabla 39: Sub actividades de la actividad “Limpiar cámara de frío”

N°	Sub Actividades	# operarios	Duración(min)	Actividad predecesora
1	Recoger manguera de aire comprimido	1	1	-
2	Limpiar con aire comprimido	1	4	1
3	Dejar la manguera de aire comprimido en su lugar	1	1	2
4	Buscar la escoba y recogedor, barrer la zona limpiada con aire comprimido	1	5	3
5	Buscar la carretilla, balde, recipientes con alcohol y paños secos en la línea 1	1	8	-
6	Ir a la lavandería a recoger caliente	1	2	5
7	Hacer cola y llenar el balde con agua caliente	1	5	6
8	Llevar la carretilla con el balde a la cámara de frío	1	2	7
9	Mojar los paños con el agua caliente y limpiar el interior de la cámara de frío	2	43	8
10	Usar paños secos para el secado del interior de la cámara de frío y, posteriormente, echar alcohol	2	13	9
11	Llamar al analista de calidad para realizar la prueba de hisopado	1	7	10

Fuente: La empresa

Asimismo, se presentan las siguientes observaciones:

- La limpieza de la cámara de frío sólo puede hacerse con 2 operarios, debido a que el aforo en el interior del equipo es de 2 personas.
- Los operarios que se encuentren libres después de realizar sus labores de limpieza, son enviados, dependiendo de la hora y necesidad, a almorzar o a relevar otras líneas de producción.
- La carretilla, balde, recipientes de alcohol, paños, recogedor y escoba deben buscarse en la línea 1, debido a que la línea en análisis no cuenta con espacio para almacenarlos. En otras ocasiones, los operarios deben solicitarlo al supervisor a cargo.
- La sub actividad 11, tiene una duración de 7 minutos porque es el tiempo comprendido desde que se llama al analista por celular hasta que el que llegue a la línea.
- Por temas de seguridad, todas las actividades mostradas son hechas con la línea detenida.

Por último, en la figura 20, se muestra el diagrama Spaghetti de la situación actual.

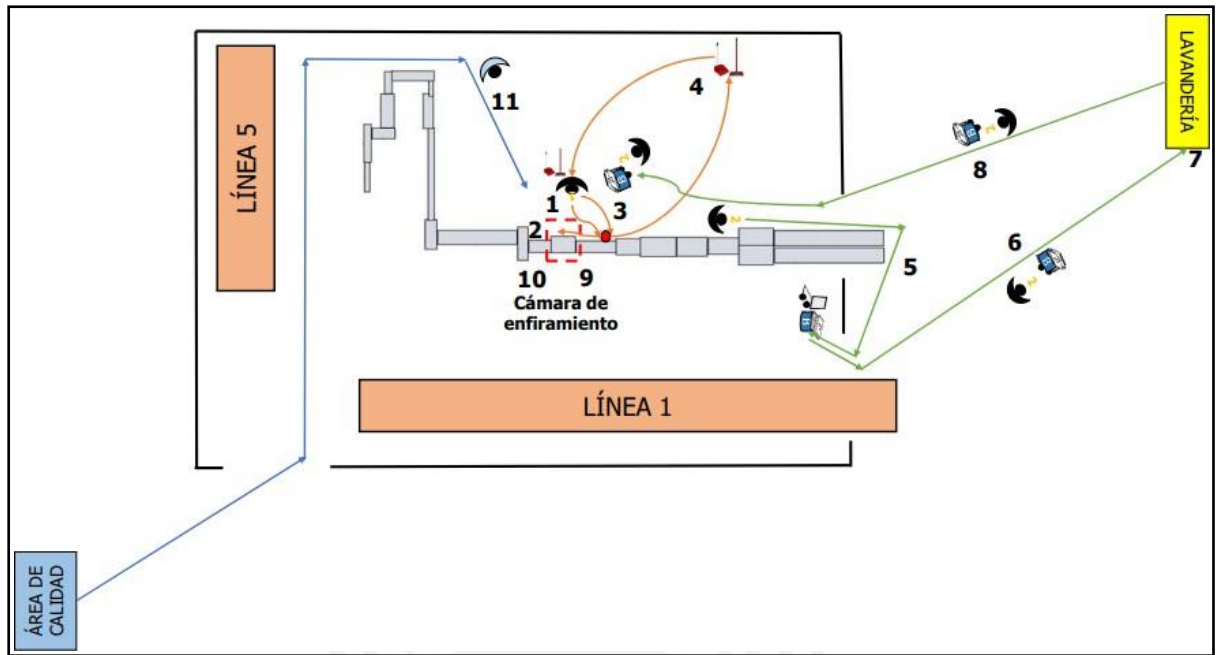


Figura 20: Diagrama Spaghetti de la situación actual
Fuente: La empresa

En efecto, las propuestas de mejora irán enfocadas en reducir el tiempo de la actividad 12, es decir, la limpieza de la cámara de frío.

Fase 2. Clasificación de actividades

En esta fase se clasifican las actividades en externas e internas, así como, si es transporte, espera o parte del proceso de cambio. Uno de los objetivos es saber el tiempo total, por cada clase y tipo, y así poder concentrar todo esfuerzo en aquellas que tienen un mayor tiempo de duración. En la tabla 40 se muestra la clasificación de las actividades.

Tabla 40: Clasificación de las sub actividades de limpieza de cámara de frío

N°	Sub Actividades	Clasificación					Tiempo (min)				
		Clase			Tipo		Clase			Tipo	
		Transporte	Espera	Proceso	Interna	Externa	Transporte	Espera	Proceso	Interna	Externa
1	Recoger manguera de aire comprimido	X				X	1				1
2	Limpiar con aire comprimido			X	X			4	4		
3	Dejar la manguera de aire comprimido en su lugar	X				X	1				1
4	Buscar la escoba y recogedor, barrer la zona limpiada con aire comprimido	X				X	5				5
5	Buscar la carretilla, balde, recipientes con alcohol y paños secos en la línea 1	X				X	8				8
6	Ir a la lavandería a recoger caliente	X				X	2				2
7	Hacer cola y llenar el balde con agua caliente		X			X		5			5
8	Llevar la carretilla con el balde a la cámara de frío	X				X	2				2
9	Mojar los paños con el agua caliente y limpiar el interior de la cámara de frío			X	X				43	43	
10	Usar paños secos para el secado del interior de la cámara de frío y, posteriormente, echar alcohol			X	X				13	13	
11	Llamar al analista de calidad para realizar la prueba de hisopado		X		X			7		7	

Asimismo, en las figuras 21 y 22, se muestra el porcentaje de tiempos según clase y tipo respectivamente.

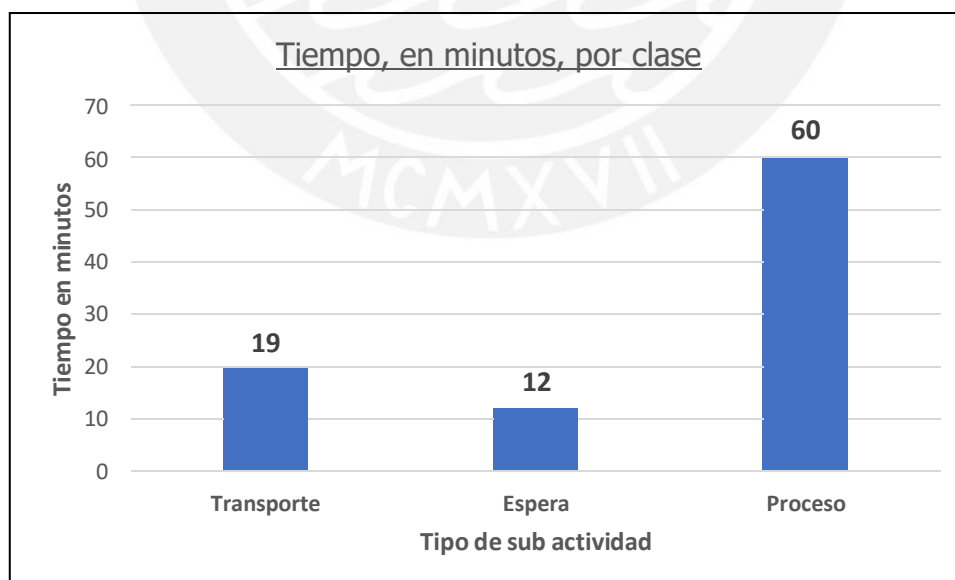


Figura 21: Tiempo total, en minutos, por clase

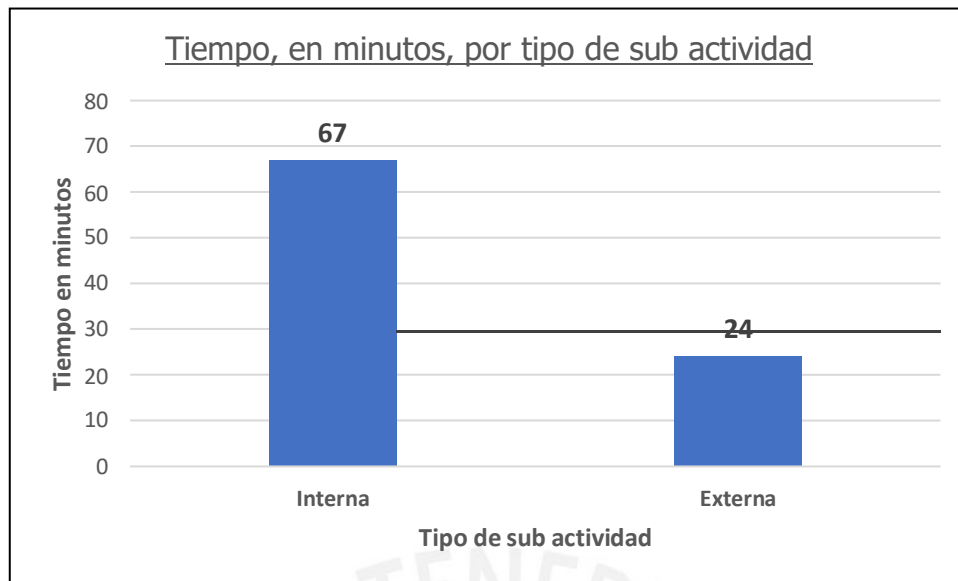


Figura 22: Tiempo total, en minutos, por tipo de sub actividad

Como se puede observar en la figura 22, el tipo de sub actividad que toma más tiempo realizar es la que tiene que ver con el proceso de cambio, por ende, es importante reducir, principalmente, este tipo de actividad y así lograr una reducción total del tiempo de cambio de sabor.

Fase 3. Propuestas de mejora

En la tabla 38 se pudo observar que la actividad 12 (actividad en análisis) depende de la actividad 10 y 11, esta es una restricción debido a que no se cuenta con más operarios en la línea, en primera instancia la solución podría ser llamar a un operario de otra línea, sin embargo, los operarios comentaron que sí se podría cambiar el orden en que se ejecutan las actividades, es decir, es posible realizar primero la actividad 12 y, las actividades 10 y 11, asimismo, estas últimas actividades podrán ser ejecutadas cuando acabe la actividad 5 y 6; con esta mejora se estaría reduciendo 40 minutos ya que la actividad 12 sería una de las primeras actividades en ejecutarse.

De acuerdo al análisis previo y, teniendo en cuenta que la sub actividad que toma más tiempo es la 10, se muestra en la tabla 41 los planes de acción que se propusieron en conjunto con el equipo formado para reducir el tiempo total del cambio de sabor.

Tabla 41: Propuestas de mejora por cada sub actividad 12

N°	Sub Actividades	Duración actual (min)	Duración propuesta (min)	Propuesta
1	Recoger manguera de aire comprimido	1	1	
2	Limpiar con aire comprimido	4	4	
3	Dejar la manguera de aire comprimido en su lugar	1	1	
4	Buscar la escoba y recogedor, barrer la zona limpiada con aire comprimido	5	1	Habilitar espacio cerca de la línea para almacenar dichos objetos
5	Buscar la carretilla, balde, recipientes con alcohol y paños secos en la línea 1	8	1	Habilitar espacio cerca de la línea para almacenar dichos objetos
6	Ir a la lavandería a recoger caliente	2	2	
7	Hacer cola y llenar el balde con agua caliente	5	5	
8	Llevar la carretilla con el balde a la cámara de frío	2	2	
9	Mojar los paños con el agua caliente y limpiar el interior de la cámara de frío	43	20	Compra de un equipo Karcher para la limpieza interna de la cámara de frío
10	Usar paños secos para el secado del interior de la cámara de frío y, posteriormente, echar alcohol	13	13	
11	Llamar al analista de calidad para realizar la prueba de hisopado	7	7	

De acuerdo con lo mostrado en la tabla 37, se propone adquirir un nuevo equipo de limpieza llamado “Karcher”, el cual se muestra en la figura 23, con lo cual se estima una reducción del tiempo en la sub actividad 9 de, aproximadamente, 23 minutos. Asimismo, con la habilitación de un espacio para almacenar el balde, paños, alcohol, carretilla, escoba y recogedor, se estima una reducción de 4 y 7 minutos para las sub actividades 4 y 5 respectivamente. En resumen, con las propuestas mencionadas en la tabla 4.25 y el cambio en la secuencia de ejecución de las actividades mostradas en la tabla 39, se estima que el tiempo total de cambio de sabor propuesto sería de 75 minutos o equivalente a 1.25 horas, es decir, se lograría una reducción de 70 minutos.



Figura 23: Equipo *Karcher*
Fuente: Página oficial de *Karcher*

Cabe destacar que la compra del equipo no sólo beneficiará en la reducción de tiempos de la línea en análisis, también se verán beneficiadas otras 3 líneas más, ya que el proceso de cambio de sabor sigue casi la misma secuencia de actividades. Asimismo, en la tabla 42 se muestran las actividades, subactividades y sus respectivos tiempos estimados después de implementar el equipo *Karcher*, así como, el cambio que se realizó en la secuencia de ejecución de las actividades. Por otro lado, en la figura 24 se muestra la comparación de los tiempos, según la clasificación hecha en la fase 2, de la situación actual y la situación propuesta.

Tabla 42: Actividades y subactividades para realizar el cambio de sabor

N°	Actividades	# operarios	Duración(min)	Actividad predecesora
1	Limpieza de batidora de crema	1	60	-
2	Limpieza se la faja que conecta que conecta el horno y la máquina encremadora	1	40	-
3	Limpieza de la faja que conecta la máquina la máquina encremadora y la cámara de frío	1	40	-
4	Limpieza de la faja que conecta la cámara de frío con la cortadora	1	40	-
5	Limpieza de la faja que conecta la cortadora con el brazo empujador	1	40	-
6	Limpieza de la faja que conecta el brazo empujador con la envasadora unitaria	1	40	-
7	Limpieza de la faja que conecta la envasadora unitaria con la envasadora pack	2	40	-
8	Limpieza de la faja que conecta la envasadora pack con la máquina encajadora	1	40	-
9	Limpieza de la máquina encremadora	1	45	-
10	Limpieza de cámara de frío	2	45	-
10.01	Recoger manguera de aire comprimido	1	1	-
10.02	Limpiar con aire comprimido	1	4	10.01
10.03	Dejar la manguera de aire comprimido en su lugar	1	1	10.02
10.04	Traer la escoba y recogedor, barrer la zona limpiada con aire comprimido	1	1	10.03
10.05	Traer la carretilla, balde, recipientes con alcohol y paños secos	1	1	-
10.06	Ir a la lavandería a recoger caliente	1	2	10.05
10.07	Hacer cola y llenar el balde con agua caliente	1	5	10.06
10.08	Llevar la carretilla con el balde a la cámara de frío	1	2	10.07
10.09	Usar el equipo Kaercher para limpiar el interior de la cámara de frío	2	20	10.08
10.10	Usar paños secos para el secado del interior de la cámara de frío y, posteriormente, echar alcohol	2	13	10.09
10.11	Llamar al analista de calidad para realizar la prueba de hisopado	1	7	10.1
11	Limpieza de la máquina cortadora	1	40	5
12	Limpieza de la máquina brazo empujador	1	25	6
13	Limpieza de máquina envasadora pack	1	25	8
14	Limpieza de máquina envasadora unitaria	1	25	7
15	Prueba de hisopado en la máquina encremadora	1	10	9
16	Prueba de hisopado en la cámara de frío	1	10	12
17	Prueba de hisopado en la máquina cortadora	1	10	11
18	Pruebas iniciales en el horno con la línea	1	15	9,10,14

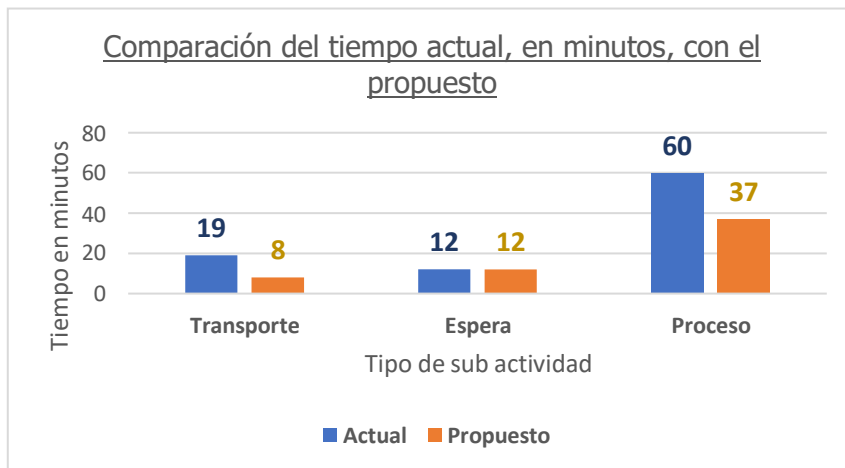


Figura 24: Comparación del tiempo actual, en minutos, con el propuesto según su clase

Por otro lado, cabe mencionar que se debe capacitar a los operarios para la manipulación del equipo propuesto. Cabe mencionar que es muy probable que inicialmente el tiempo estimado sea mayor a los 75, debido a la curva de aprendizaje por parte de los operarios con el uso del nuevo equipo. Asimismo, para la implementación se verificará que se ejecuten los cambios propuestos y que no se sobrepasen del tiempo objetivo.

4.6 Análisis de capacidad

Terminada la elaboración de la MRP se debe verificar la viabilidad de los mismos por medio de un análisis de la capacidad, el cual se hará bajo el enfoque propuesto en la Teoría de Restricciones de Krajewski et al. (2013), con la cual se identificará la estación cuello de botella y se analizará si existe suficiente capacidad para atender la demanda proyectada para los periodos de julio, agosto y setiembre.

4.6.1. Consideraciones previas

- La cantidad demandada a considerar para el análisis de capacidad es el informe de emisiones de órdenes de producción de la MRP. Asimismo, respecto a los tiempos de cambio de sabor, se consideran los tiempos después de haber implementado la herramienta SMED.
- La máquina A es la más lenta, por ello, los demás equipos trabajarán con la misma tasa de producción que la máquina A. Asimismo, en el **anexo 45** se muestra las velocidades nominales de cada equipo. Cabe destacar que, para calcular la carga, se multiplica la tasa de producción (min/caja) por la cantidad demandada en cajas.
- Se hará un análisis de capacidad mensual, y se tendrá en cuenta los tiempos de cambios de formato, los cuales se muestran en un matriz en el **anexo 46**. Asimismo, para el análisis se estima hacer 3 cambios de formato por semana.

- Se tendrá en cuenta el aprovechamiento de cada equipo, los cuales son mostrados en el **anexo 47**. Cabe mencionar que debido a este aprovechamiento es que existe una desviación de consumo de materiales.
- Para los meses de julio, agosto y setiembre se tienen 25, 25 y 26 días laborales respectivamente, asimismo, se trabajan 3 turnos de 8 horas cada uno. Cabe destacar que no se hace descuento por horas de almuerzo porque la empresa gestiona un plan de relevos, evitando que la línea tenga que detenerse en la hora de almuerzo.

4.6.2. Desarrollo del análisis de capacidad

De acuerdo a lo mencionado en las consideraciones previas, las tasas de producción de todos los equipos será la misma y así evitar tener inventarios de productos en proceso. Por otro lado, la línea de producción es semi automático, es decir, sólo requiere de la participación del operario para que supervise y realice algunos ajustes de los parámetros de la máquina, por ende, la capacidad de la línea está únicamente influenciada por especificaciones técnicas de las máquinas, no depende de la cantidad de operarios. La tabla 43 muestra el análisis de capacidad para el mes con mayor demanda, es decir, para el mes de agosto, respecto a los meses de julio y agosto se muestran en los **anexos 48 y 49**.

Tabla 43: Análisis de capacidad, en minutos, del mes de agosto

Estación de trabajo	Rendimiento	Carga de wafer vainilla	Carga de wafer fresa	Carga de wafer chocolate	Carga requerida para fabricar	Carga requerida por cambios de formato	Carga total requerida	Carga disponible
A	0.98	10614.1	7559.2	8642.2	26815.5	1008	27823.5	36000
B	0.98	10614.1	7559.2	8642.2	26815.5	1008	27823.5	36000
C	0.97	10723.5	7637.1	8731.3	27091.9	1008	28099.9	36000
D	0.98	10614.1	7559.2	8642.2	26815.5	1008	27823.5	36000
E	0.95	10949.2	7797.9	8915.1	27662.3	1008	28670.3	36000
F	0.96	10835.2	7716.7	8822.3	27374.1	1008	28382.1	36000
G	0.98	10614.1	7559.2	8642.2	26815.5	1008	27823.5	36000
H	0.96	10835.2	7716.7	8822.3	27374.1	1008	28382.1	36000
I	0.99	10506.8	7482.8	8554.9	26544.6	1008	27552.6	36000

Como se puede observar en la tabla 43, existe suficiente capacidad para satisfacer la demanda, incluso, existe holgura, no obstante, este análisis es teniendo en cuenta que, por semana, se realizarán 3 cambios de formato. En efecto, la planificación propuesta en el PMP y el MRP, es viable.

4.7 Programación a corto plazo

Terminada la planificación de materiales y el análisis de la capacidad de la línea de producción, se debe determinar el orden en el cual los productos serán fabricados diariamente, asimismo, cabe mencionar que actualmente la empresa produce grandes lotes de producción, es decir, durante una semana fabrica

un sabor, por ejemplo, fresa, la otra semana, chocolate, y así sucesivamente. No obstante, se hará uso de lotes *Heijunka* para realizar una programación que se pueda adaptar al comportamiento de la demanda diaria, reduciendo así los tamaños de lotes de producción para cada sabor, de tal manera que diariamente se puedan tener en almacén productos de los 3 sabores y, cuando el cliente solicite algún sabor en específico, pueda encontrar disponible todo el portafolio de sabores.

La empresa, en análisis previos, determinó que el tamaño de lote mínimo a producir es de 760 cajas, por ende, se usará esta cantidad como referencia para determinar los lotes que se deberán producir, en otras palabras, ahora 1 lote será equivalente a 760 cajas de producto terminado. Asimismo, para realizar el cálculo se siguieron los siguientes pasos:

- **Primer paso**, se realizan las proyecciones de ventas para cada uno de los productos, para este caso, los pronósticos se muestran en la tabla 22.
- **Segundo paso**, se desarrolla el PMP y el MRP en base a los pronósticos, en este caso, se realizaron para los meses de julio, agosto y setiembre, así como muestra en la tabla 34.
- **Tercer paso**, en base a las emisiones de salida que se obtuvieron después de desarrollar el MRP, se selecciona la primera semana del mes de agosto (este es el mes con mayor demanda), las cuales indican que se debe producir 16 886, 12 026 y 13 749 cajas por semana para wafer vainilla, fresa y chocolate respectivamente.
- **Cuarto paso**, en base a la filosofía *Heijunka*, se debe desagregar la demanda semanal en demanda diaria y luego determinar los lotes de producción, para dicho cálculo, se usará como base el lote mínimo de producción establecido por la empresa.
- **Quinto paso**, luego de realizar los cálculos, se emiten las órdenes de fabricación diarias por cada sabor, en la tabla 44 se muestra la cantidad de lotes que se deben fabricar para cada sabor y por cada día.

Tabla 44: Reporte de emisiones de lotes *Heijunka* para los tres sabores en la primera semana de agosto

Producto	Demanda semanal (cajas)	Lotes semanales	Demanda diaria (cajas)	Lotes diarios	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Vainilla	16886	23	2815	4	4	4	4	4	4	3
Chocolate	13749	19	2292	4	4	3	3	3	3	3
Fresa	12026	16	2005	3	2	2	3	3	3	3

La interpretación de la tabla 45 es la siguiente: el día D1 (lunes), se deben producir 4 lotes de wafer vainilla, 4 de wafer chocolate y 2 de wafer fresa. No obstante, sólo se indican cuántos lotes de cada producto y en qué día se deben producir, no describe la secuencia de producción, por ende, en la tabla 42 se propone la secuencia de producción incluyendo los tiempos de cambio de sabor.

Tabla 45: Secuencia de producción inicial de la primera semana de agosto

LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO		
Producto	Lotes	Tiempo (hr)	Producto	Lotes	Tiempo (hr)	Producto	Lotes	Tiempo (hr)	Producto	Lotes	Tiempo (hr)	Producto	Lotes	Tiempo (hr)	Producto	Lotes	Tiempo (hr)
Vainilla	4	8	Chocolate	3	6	Vainilla	4	8	Chocolate	3	6	Vainilla	4	8	Chocolate	3	6
CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5
Fresa	2	4	Fresa	2	4	Fresa	3	6	Fresa	3	6	Fresa	3	6	Fresa	3	6
CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5	CAMBIO DE SABOR		1.5
Chocolate	4	8	Vainilla	4	8	Chocolate	3	6	Vainilla	4	8	Chocolate	3	6	Vainilla	3	6
Total, tiempo producción		20	Total, tiempo producción		18	Total, tiempo producción		20	Total, tiempo producción		20	Total, tiempo producción		20	Total, tiempo producción		18
Total, tiempo de cambio de sabor		3	Total, tiempo de cambio de sabor		3	Total, tiempo de cambio de sabor		3	Total, tiempo de cambio de sabor		3	Total, tiempo de cambio de sabor		3	Total, tiempo de cambio de sabor		3
Total		23	Total		21	Total		23	Total		23	Total		23	Total		21
Tiempo disponible		24	Tiempo disponible		24	Tiempo disponible		24	Tiempo disponible		24	Tiempo disponible		24	Tiempo disponible		24
Holgura		1	Holgura		3	Holgura		1	Holgura		1	Holgura		1	Holgura		3

Como se pudo observar en la tabla 45, para la programación a corto plazo, se está tomando como referencia los tiempos de cambio de sabor después de haber implementado la herramienta SMED. Por otro lado, todos los días se termina de cumplir el plan de producción antes de las 24 horas, por ende, existe un tiempo en el cual los operarios están desocupados. Frente a dicha situación, se planteó juntar a los operarios y al equipo de planificación para determinar de qué manera se podría aprovechar ese tiempo, donde finalmente se propusieron las siguientes actividades:

- Capacitaciones en temas relacionados a 5's, TPM, herramientas de *Lean Manufacturing*.
- Capacitaciones en temas relacionados a mantenimiento de máquinas.
- Capacitaciones sobre funcionamiento de nuevos equipos y/o máquinas, para así poder relevar a otras líneas.
- Realizar lecciones de un punto (LUP) y colocar tarjetas sobre fallas en los equipos, como parte del programa de mantenimiento autónomo.
- Capacitaciones en temas relacionados a calidad.
- Limpieza general de la línea los días sábados.
- Salir más temprano.

En base a la lista de actividades propuesta el área de recursos humanos y producción realizará la programación de las capacitaciones correspondientes según corresponda, cabe mencionar que no necesariamente habrá capacitaciones todos los días, algunos días los operarios podrán salir más temprano, asimismo, el personal que capacitará en los temas propuestos serán los supervisores de producción, supervisores de mantenimiento y/o inspectores de procesos.

Por otro lado, cabe destacar que el tiempo promedio de fallas que ocurren en la línea y que hace que se detenga la producción, se encuentra en un intervalo de 45 – 60 minutos por semana, incluso considerando este tiempo de fallas la línea no tendría problemas en cumplir con el plan de producción propuesto.

4.8 Integración de herramientas del modelo propuesto

Según el análisis realizado en el capítulo de diagnóstico, se concluyó que el principal problema de la empresa es la entrega incompleta de pedidos, además, también se determinó que las principales causas fueron la baja exactitud en los pronósticos, lo cual se debía a un método desactualizado y, como segunda causa principal, la falta de un sistema de planificación de la producción y materias primas, es decir, la planificación se hacía de acuerdo a la experiencia de los planificadores. De acuerdo con las causas raíces encontradas, se propuso una serie de herramientas de planificación para solucionar el principal problema atacando principalmente a las causas raíces, asimismo, en la figura 25 se muestran las herramientas propuestas y su relación entre ellas.

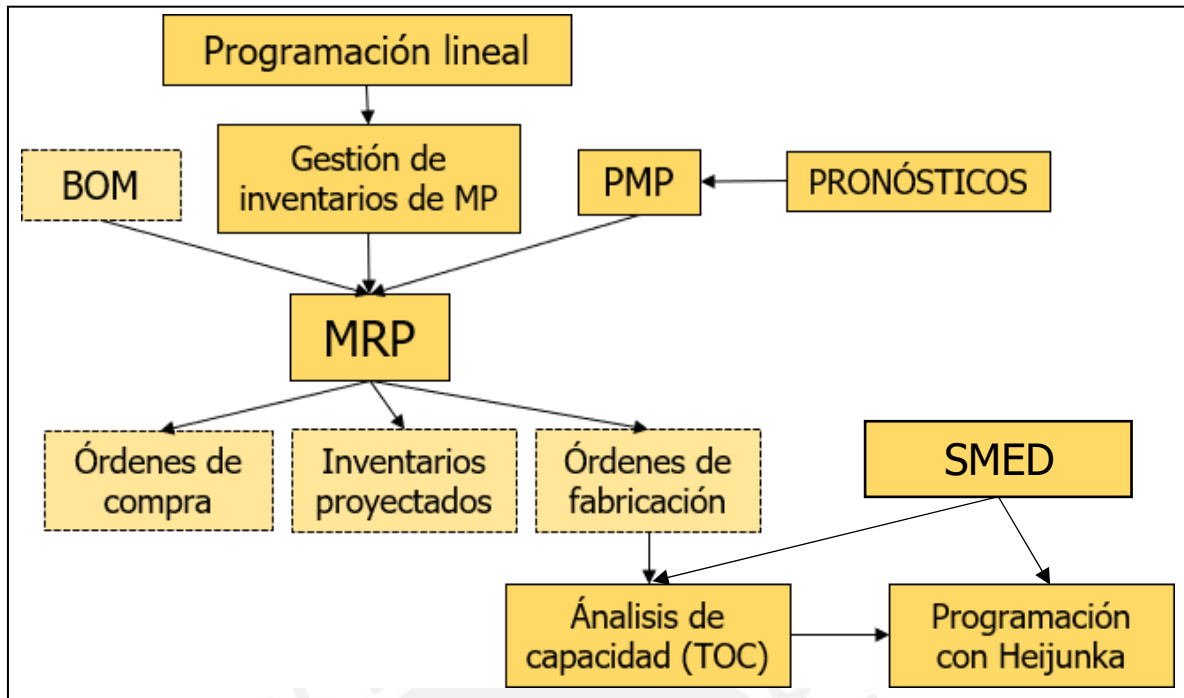


Figura 25: Modelo integrado de propuestas de mejora

De acuerdo a lo mostrado en la figura 25, se observa que la planificación comienza con el pronóstico de las ventas por cada producto, a continuación, con las proyecciones listas se realiza el plan maestro de producción (PMP) y, a su vez, se calculan los requerimientos de materias primas e insumos y, por medio de un modelo matemático, se determinan las cantidades y fechas que se deben pedir, de esta manera se establecen las políticas de inventarios de materias primas; con el PMP elaborado, lista de materiales y las políticas de inventario, se desarrolla la MRP, donde finalmente se emiten los órdenes de compra, inventarios proyectados y órdenes de fabricación por cada producto, por otro lado, se realiza la implementación de la herramienta SMED para la reducción de tiempos de cambio de sabor, luego, con los tiempos actualizados, se realiza el análisis de capacidad bajo el enfoque TOC (Teoría de Restricciones) y, finalmente, se procede a calcular los lotes *Heijunka* para poder realizar la programación a corto plazo de la producción.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo, se realizará el análisis y la evaluación económica del impacto de las propuestas presentadas en el capítulo anterior; primero se estiman los costos de implementación y, luego, se calculan los ahorros obtenidos, por último, se determinan y evalúan los indicadores de VPN y TIR del proyecto.

5.1 Costos de implementación: pago a analistas y costos de equipos de trabajo

Como ya se mencionó en el capítulo 3, la empresa trabaja con programas informáticos tales como SAP B1 (*Business One*), Excel y Forecast Pro para los pronósticos, por ende, el principal costo de la implementación corresponderá para la actualización de los datos y parámetros, principalmente, en SAP; la programación a corto plazo se seguirá haciendo en Excel. Por otro lado, será necesario realizar capacitaciones a los operarios para el manejo del equipo *Karcher*.

5.1.1 Pago a analistas

De acuerdo a la política de la empresa, todo cambio que se deba realizar en el sistema ERP, en este caso, SAP, debe ser solicitado a través de un correo al área de TI (tecnología de la información), con copia a la jefatura del área que solicita el cambio. El área de TI se encargará de evaluar la petición y la viabilidad técnica de la solicitud y, después de 7 días hábiles, envían una respuesta y, en caso de conceda el permiso, se comienza a trabajar con la actualización.

Las actividades que se deben realizar, como ya se mencionó, son de actualización y activación de la MRP; para el caso del programa usado para realizar los pronósticos, se realizará la modificación respectiva de los parámetros, donde se cambiará el método de pronóstico actual por el método propuesto (método 1), además, se emplearán los valores optimizados de alfa, gamma y beta. Por otro lado, respecto a SAP, se deben actualizar los datos maestros de planificación de los materiales, tales como:

- Tiempo de entrega (*Lead time*)
- Días de tolerancia
- Cantidad mínima de compra
- Pedido múltiple
- Método de aprovisionamiento (comprado/fabricado)
- Stock de seguridad

El tiempo estimado para actualizar y validar los datos, es de 1 día (8 horas) y, debido a que el programa es usado lunes a sábado, se escoge el domingo para realizar la actualización, por lo cual,

el costo asociado con la actualización es lo que se le pagará el día domingo, como horas extras, al Analista de TI. Cabe mencionar que, por ley, las 2 primeras horas le corresponde un 25% adicional de costo por hora y, después de las 2 horas, el porcentaje asciende a 35%, asimismo, la actualización será tanto para SAP como para el software *Forecast Pro*. Asimismo, se estima que los analistas de planeamiento de la producción, demanda y materiales dedicarán, en total, 8 horas dando soporte en la elaboración de plantillas, brindando información, identificando variables para la implementación del presente proyecto, por ello, debido a que los analistas ganan igual, se considerará el mismo costo calculado para el analista de TI. En la tabla 46 se muestran los costos asociados al pago del Analista, en el **anexo 50** se muestra el detalle del cálculo.

Tabla 46: Pago al Analista de TI por horas extras

Concepto	Valor	Unidad
Costo por las 8 horas extras	S/ 132.50	soles
Comida	S/ 20.00	soles
Transporte	S/ 25.00	soles
Sub - Total	S/ 187.50	soles
Cantidad de analistas	4	analistas
TOTAL	S/ 750.00	soles

Fuente: La empresa

5.1.2 Costo de compra de equipo *Karcher*

Con la implementación de SMED, se propuso la compra de un equipo de limpieza el cual permitió reducir el tiempo de cambio de sabor en la línea de producción, asimismo, con la adquisición de este equipo no sólo se beneficiará la línea en análisis, también serán beneficiadas otras 3 líneas. El costo total correspondiente a la adquisición del equipo *Karcher* asciende los S/ 2 199.00. Por otro lado, como parte de la compra, la capacitación sobre el uso correcto del equipo será impartida por el proveedor, de manera gratuita, en las instalaciones de la empresa en análisis, asimismo, por cada línea habrá 2 operarios que serán capacitados por el proveedor y no será necesario detener la producción mientras son capacitados porque sus puestos pueden ser cubiertos por personal de líneas detenidas.

5.2 Ahorros obtenidos

La implementación del proyecto permitirá la reducción de costos, principalmente con la gestión de inventarios de materias primas, ya que, gracias al modelo de programación lineal ajustado, se permitió reducir costos de mantener y ordenar inventario. Asimismo, con el nuevo método de planificación de la producción a corto plazo, se obtienen ahorros de mantener inventario de producto terminado, ya que se obtendrá mayor variedad de productos en un menor rango de tiempo y, en consecuencia, éstos podrán despacharse rápidamente según se concreten las ventas.

5.2.1 Ahorros en gestión de materias primas

Para el cálculo del ahorro de la gestión de materias primas, se asumirá que el costo de gestión de materias primas del presente año será el mismo del año anterior, además, se procederá a calcular el costo total de la gestión de inventarios propuesta en base al modelo de programación lineal ajustado. Asimismo, cabe resaltar que, para determinar el costo de mantener inventarios, se calculó el promedio de las 4 o 5 semanas de inventarios proyectados por cada mes. En la tabla 47 se muestra un ejemplo del cálculo de los costos para los meses de julio, agosto y setiembre de la propuesta de mejora y de la situación actual, por último, se colocan los ahorros obtenidos con la nueva gestión de inventarios de materias primas.

Tabla 47: Ahorros en la gestión de inventarios de materias primas para los meses de julio, agosto y septiembre

TIPO DE COSTO	Julio	Agosto	Septiembre
Costo ordenar propuesto	S/ 422.80	S/ 317.10	S/ 317.10
Costo mantener propuesto	S/ 592.20	S/ 650.98	S/ 517.96
Costo total propuesto	S/ 1,015.00	S/ 968.08	S/ 835.06
Costo ordenar actual	S/ 528.50	S/ 422.80	S/ 528.50
Costo mantener actual	S/ 872.11	S/ 1,132.72	S/ 926.31
Costo total actual	S/ 1,400.61	S/ 1,555.52	S/ 1,454.81
AHORRO	S/ 385.62	S/ 587.44	S/ 619.76

El cálculo realizado en la tabla 47 también es mostrado en el **anexo 51** para los otros meses del año, asimismo. Finalmente, se estima que el costo total de la propuesta de mejora, en la gestión de materias primas, es de S/ 10 407.47 (sin considerar los costos de cada material), asimismo, la gestión de inventarios de materia prima actual alcanza los S/ 16 830.63, obteniéndose un ahorro total de S/ 6 423.16 anuales.

5.2.2 Ahorros en la gestión de productos terminados

Con la implementación de la MRP y la programación *Heijunka* se logrará reducir el nivel de inventarios y aumentar la frecuencia de despachos, por ende, el costo de mantener inventarios se reduce logrando generar un ahorro para la empresa. Para obtener el costo de mantener inventario se calculará el inventario promedio de las 4 o 5 semanas de cada mes y luego se multiplicará por el costo de mantener. En la tabla 48 se muestra un ejemplo de cálculo para el wafer vainilla en los meses de julio, agosto y septiembre.

Tabla 48: Ahorros en el mantenimiento de inventario de Wafer Vainilla

Producto: Vainilla	Julio	Agosto	Setiembre
Inventario promedio propuesto (cajas)	466	647	511
Costo de mantener propuesto	S/ 7.46	S/ 10.35	S/ 8.18
Inventario promedio actual (cajas)	7402.16	8509.44	8472.35
Costo de mantener actual	S/ 118.43	S/ 136.15	S/ 135.56
Ahorro	S/. 110.98	S/. 125.80	S/. 127.38

En los **anexos 52, 53 y 54** se muestran a detalle los cálculos, de todos los meses, para wafer vainilla, chocolate y fresa respectivamente. Finalmente, el costo total anual de mantener inventarios de producto terminado aplicando la propuesta de mejora alcanza los S/ 213.17, asimismo, se obtiene un ahorro de S/ 3 023.49. Por otro lado, como consecuencia de la mejora de procesos en el **anexo 55** se muestra una proyección del indicador de cumplimiento del plan de producción para wafer vainilla.

5.3 Evaluación del proyecto

Para poder determinar si el proyecto de mejora es viable, es necesario realizar la evaluación de los indicadores TIR y VPN, para ello, se tienen las siguientes consideraciones:

- La inversión es realizada por la empresa, es decir, el monto a invertir será tomado del presupuesto anual destinado al área de Producción, cabe destacar que, por políticas de la empresa, la rentabilidad mínima aceptable para invertir en el proyecto debe ser de 15% (costo de oportunidad).
- El periodo de evaluación del proyecto es de 36 meses, es decir, 3 años.
- La evaluación se hará en un escenario conservador, es decir, se asume que los ahorros obtenidos en el primer año se mantendrán constantes a lo largo de los 3 años de evaluación.
- Se considera gastos por mantenimiento del equipo *Karcher* de 50 soles mensuales, es decir, 600 soles anuales.

A continuación, en la tabla 49 se presenta el flujo de caja de la evaluación del proyecto.

Tabla 49: Flujo de caja económico del a implementación del proyecto

Descripción \ Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	0	S/ 9,446.70	S/ 9,446.70	S/ 9,446.70
Egresos	-S/ 2,949.00	-S/ 240.00	-S/ 240.00	-S/ 240.00
Total	-S/ 2 949.00	S/ 9 206.65	S/ 9 206.65	S/ 9 206.65

De acuerdo al flujo de caja económico mostrado en la tabla 49 y, con una tasa de descuento de 15%, se determinan un VPN de S/ 1 854.27 y un TIR de 26%. Por lo tanto, se concluye que el proyecto es viable ya que el VPN es positivo y la TIR mayor que la rentabilidad mínima esperada por la empresa.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

6.1 Conclusiones

- En la actualidad, la organización presente un problema fundamental: entrega incompleta de pedidos. A través de un análisis realizado con el diagrama de *Ishikawa*, se determinó que las principales causas eran: desactualización de los pronósticos, ineficiente sistema de gestión de inventarios de materias primas y un inadecuado sistema de planificación de materiales.
- La organización presenta roturas de *stock* de productos terminados, pero, al mismo tiempo, presenta altos inventarios en otros productos de la misma línea, esto debido a que presenta baja cobertura (o roturas de *stock*) de materias primas para un determinado sabor, por ende, para no tener a los operarios sin producir, optan por producir otros sabores, incrementando así el inventario de productos que no son demandados por el cliente.
- La organización hace uso de un software para realizar sus pronósticos, no obstante, según los indicadores de error calculados, han demostrado tener baja precisión y exactitud, de esta manera, se propusieron 2 métodos cuantitativos para el desarrollo de pronósticos, de los cuales se escogió el método 1 por presentar indicadores de error menores, como, por ejemplo, un MAPE de 7.58%, 6.61% y 6.61% para wafer vainilla, fresa y chocolate respectivamente.
- Respecto a la gestión de materias primas y determinación del tamaño de lote, la herramienta de modelación matemática, permitió establecer políticas sobre cuándo y cuánto comprar, logrando minimizar la suma de costos de mantener y ordenar, permitiendo obtener ahorros de S/ 6 423.16 anual.
- Respecto a los altos inventarios de productos terminados, la sinergia del *stock* de seguridad calculado en base a la producción, pronóstico actualizado y MRP, permitió tener un mejor control de los niveles de inventario. Asimismo, al incluir la programación por *Heijunka*, la producción está alineada a la demanda real de los clientes, logrando

reducir los inventarios hasta tener sólo *stock* de seguridad, lo cual se traduce en ahorros de S/ 3 023.49 anual.

- Mediante la herramienta SMED se logró reducir en, aproximadamente, 60 minutos el tiempo de cambio de sabor, permitiendo que la línea cuenta con mayor capacidad, flexibilidad y tiempo. Asimismo, en sinergia con el análisis de capacidad bajo el enfoque de TOC, se logró asegurar que la línea contaba con capacidad suficiente para producir la cantidad pronosticada, así como, brindar planes de capacitación a los operarios en temas relacionados a *Lean Manufacturing* y mantenimiento.
- Mediante la MRP se determinó cuándo y cuánto se debía producir, sin embargo, no especifica la secuencia de producción, por ende, para hacer frente a dicho inconveniente, es necesario el uso de *Heijunka*, con el objetivo de poder establecer emisiones de producción diarias para cada uno de los sabores.
- La herramienta SMED trabaja muy bien con la programación *Heijunka*, ya que, en un escenario inicial, la línea contaba con capacidad para producir lo pronosticado, pero, todo estaba “ajustado”, es decir, en caso de haber una falla con mayor duración a la estimada o un mayor tiempo en el cambio de sabor, podría ocasionar el no cumplimiento del plan propuesto, de esta manera, con la implementación de SMED, permitió reducir los tiempo de cambio de sabor, lo cual permitió tener una mayor holgura de tiempo y mayor flexibilidad para implementar *Heijunka*.
- La inversión inicial del proyecto está repartida entre los pagos a los analistas y la compra del equipo *Karcher*. Cabe destacar que la compra del equipo también permitirá la reducción de tiempo de cambio de sabor para otras 3 líneas más, no obstante, para la evaluación del proyecto, se considerará el costo total del equipo. En total, la inversión del proyecto es de: S/ 2 949.00.
- Para la reducción de costos de la gestión de inventarios no fue necesaria la búsqueda de proveedores más económicos, por el contrario, la reducción de costes se dio en base a una mejor gestión y ejecución de herramientas como la de modelación matemática.
- Finalmente, al realizar la evaluación económica de la propuesta de mejora, se obtiene un VPN de S/ 1 854.24 y una TIR de 26%, es decir, el proyecto es viable económicamente, debido a que el VPN es positivo y la TIR es mayor al costo de oportunidad establecido por la empresa (15%).

6.2 Recomendaciones

- Para la implementación de la nueva estrategia de compras de materias primas (en base al modelo de programación lineal ajustado), se recomienda estar en constante comunicación con los proveedores para así evitar retrasos en la entrega de los materiales o, en todo caso, negociar entregas parciales de acuerdo a la necesidad de producción.
- Para poder ejecutar adecuadamente las herramientas propuestas, se recomienda que el supervisor de producción y los operarios puedan tener reuniones diarias de 10 minutos, donde puedan discutir brevemente sobre los indicadores, problemas, planes de mejora, o temas similares y que luego, de acuerdo a su importancia, puedan ser reportados a los jefes de producción para así encontrar una solución.
- Con el fin de incentivar a los trabajadores, se recomienda que la empresa pueda premiar a los operarios de la con una canasta de productos o vales de consumo cuando cumplan todas sus metas de producción (EGE, merma, reproceso, cumplimiento del plan), metas de tiempos de cambio de sabor y cuando pasen satisfactoriamente las auditorías de 5S.
- Para poder asegurar el correcto cumplimiento de las herramientas, se recomienda que los jefes del área y analistas realicen reuniones semanales con el fin de analizar los indicadores, problemas presentados, propuestas de mejora y temas similares, de esta manera se podrá monitorear le eficacia de las herramientas implementadas.
- Para poder tener los inventarios actualizados y asegurar la correcta ejecución de la MRP, se recomienda implementar el módulo de MRP, contemplado en la evaluación económica, en SAP, asimismo, se recomienda siempre verificar que los datos que ingresen a este módulo se encuentren actualizados y previamente validados para obtener reportes confiables.

BIBLIOGRAFÍA

Alan, R. J. L. & Prada, L. J. Y. (2017). Análisis y propuesta de implementación de un sistema de planificación de producción y gestión de inventarios y almacenes aplicado a una empresa de fabricación de perfiles de plástico PVC. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Amanqui, O. A. R. & Calderón, L. C. (2017). Mejoras en la Planificación y Programación de la Producción utilizando Modelos de Optimización, MRP I / MRP II en la División Novoresinas al Solvente de una Planta de pinturas. Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de Operaciones. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú

Besterfield, Dale H. (2009). Control de calidad. Octava edición. México: Pearson.

Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Banco Central de Reserva del Perú. (2019). "N°13: Actividad Económica – Diciembre 2019". Recuperado el 20 de abril de 2020, de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2020/nota-de-estudios-13-2020.pdf>

Carreño, A. J. (2017). Cadena de suministro y logística. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

Castillo, J. (2020). Marco teórico para la aplicación de MRP en las industrias. Trabajo de investigación para obtener el grado de bachiller en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Condori, S. A. C. (2007). Evaluación y propuesta de un sistema de planificación de la producción en una empresa dedicada a la fabricación de perfumes. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Chase, R. B., Jacobs, F. (2018). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros. Quinceava edición. México: McGraw-Hill.

Chopra, S., Meindl, P. (2013). Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación. Quinta edición. Lima, Perú: Pearson Educación de Perú S.A

Domínguez, M. J. A. (1995). Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill.

Flores, A. C., & Laguna, G. B. (2020). Propuesta de implementación de un sistema de planificación y control de operaciones para una mype de calzado utilizando inventarios agregados, MRP/CRP y Heijunka. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Goldratt, E. M., & Cox, J. (1993). La meta: Un proceso de mejora continua. Madrid: Díaz de Santos.

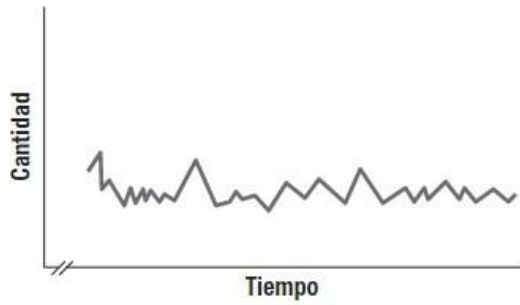
Hernández J., Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial.

Heizer, J. & Render, B. (2015). Dirección de la producción y operaciones: Decisiones estratégicas. Décimo primera edición. México: Pearson.

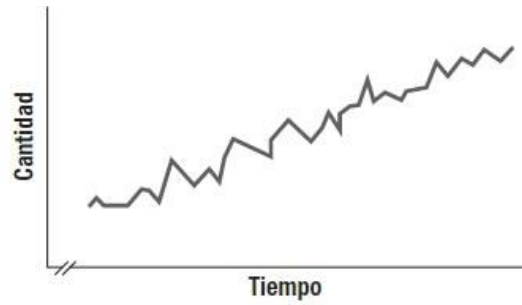
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2015). Investigación de operaciones. Décima edición. México: McGraw-Hill.
- Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2013). Administración de operaciones: Procesos y cadena de suministro. Treceava edición. México: Pearson.
- León, M. (2020). Sesión 2: Planificación de los recursos de manufactura (MRP II) [Diapositiva]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- López, J., Alarcón, E., Rocha, M. (2014). Estudio del trabajo. México D.F: Grupo Editorial Patria.
- Ministerio de la Producción. (2019). “Boletín de Producción Manufacturera: Reporte de Producción Manufacturera”. Recuperado el 18 de abril de 2020, de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oee-documentos-publicaciones/boletines-industria-manufacturera/item/872-2019-diciembre-reporte-de-produccion-manufacturera>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2017). Horas Extras: Dirección Nacional de Inspección del Trabajo. Recuperado el 18 de agosto de 2020 de <https://www.trabajo.gob.pe/archivos/file/dnit/horasextras.pdf>
- Nahmias, S. (2014). Análisis de la producción y de las operaciones. Sexta edición. México: McGraw-Hill.
- Paredes, F. (2020). Value Stream Management [Diapositiva]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Paredes, F. (2020). SMED [Diapositiva]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Schoreder, R., Meyer, S., Rungtusanatham, M. (2011). Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos. Quinta edición. México: McGraw-Hill.
- Shingo, S. (1997). Una revolución en la producción: el sistema SMED. Cuarta edición. Madrid: Productivity Press.
- Socconini, L. (2019). Lean Manufacturing paso a paso. México: Alfaomega.
- Taha, Hamdy. (2017). Investigación de operaciones. Décima edición. Madrid, España: Pearson.
- Vargas, J. F., Rau, J. A. A., León, M. R. P., & Rojas, J. E. P. (2015). Planeamiento y control de operaciones. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vásquez, J. I. M. (2013). Propuesta de un sistema de planificación de la producción aplicado a una empresa textil dedicada a la fabricación de calcetines. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Villaseñor, A. & Galindo E. (2009). Manual de Lean Manufacturing. Segunda edición. México: Limusa: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

ANEXOS

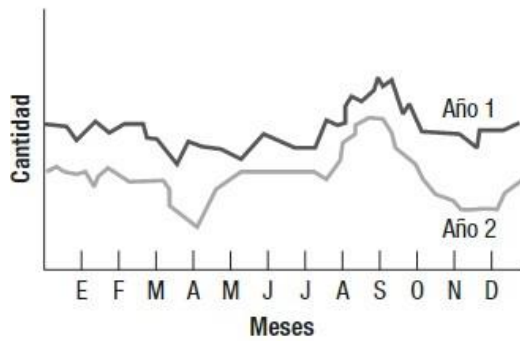
Anexo 1: Patrones de demanda



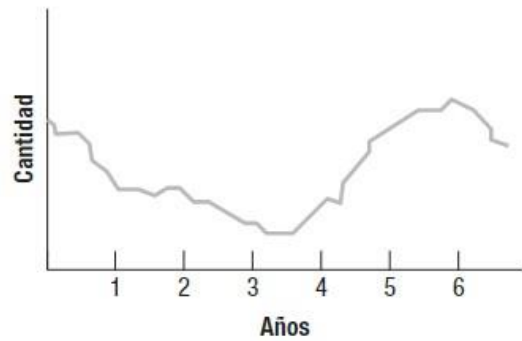
a) Horizontal: datos agrupados alrededor de una línea horizontal.



b) Tendencia: datos que aumentan o disminuyen en forma constante.

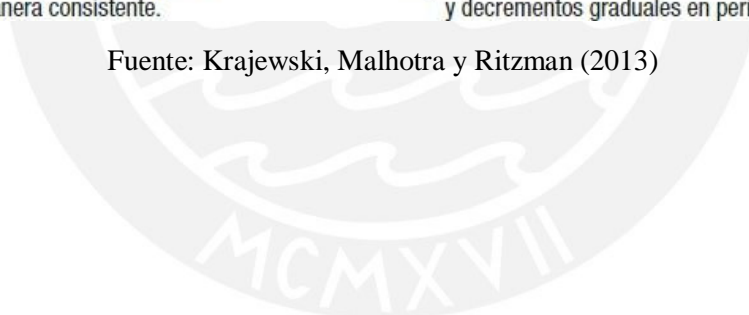


c) Estacional: datos que muestran picos y valles de manera consistente.



d) Cíclico: los datos revelan incrementos y decrementos graduales en periodos

Fuente: Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013)






Anexo 2: Tabla de valores de Z según el porcentaje de nivel de servicio

Z	Nivel de servicio (%)	Faltante de inventario (%)
0	50.00%	50.00%
0.5	69.10%	30.90%
1	84.10%	15.90%
1.1	86.40%	13.60%
1.2	88.50%	11.50%
1.3	90.30%	9.70%
1.4	91.90%	8.10%
1.5	93.30%	6.70%
1.6	94.50%	5.50%
1.7	95.50%	4.50%
1.8	96.40%	3.60%
1.9	97.10%	2.90%
2	97.70%	2.30%
2.1	98.20%	1.80%
2.2	98.60%	1.40%
2.3	98.90%	1.10%
2.4	99.20%	0.80%
2.5	99.40%	0.60%
2.6	99.50%	0.50%
2.7	99.60%	0.40%
2.8	99.70%	0.30%
2.9	99.80%	0.20%
3	99.90%	0.10%

Fuente: Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011)

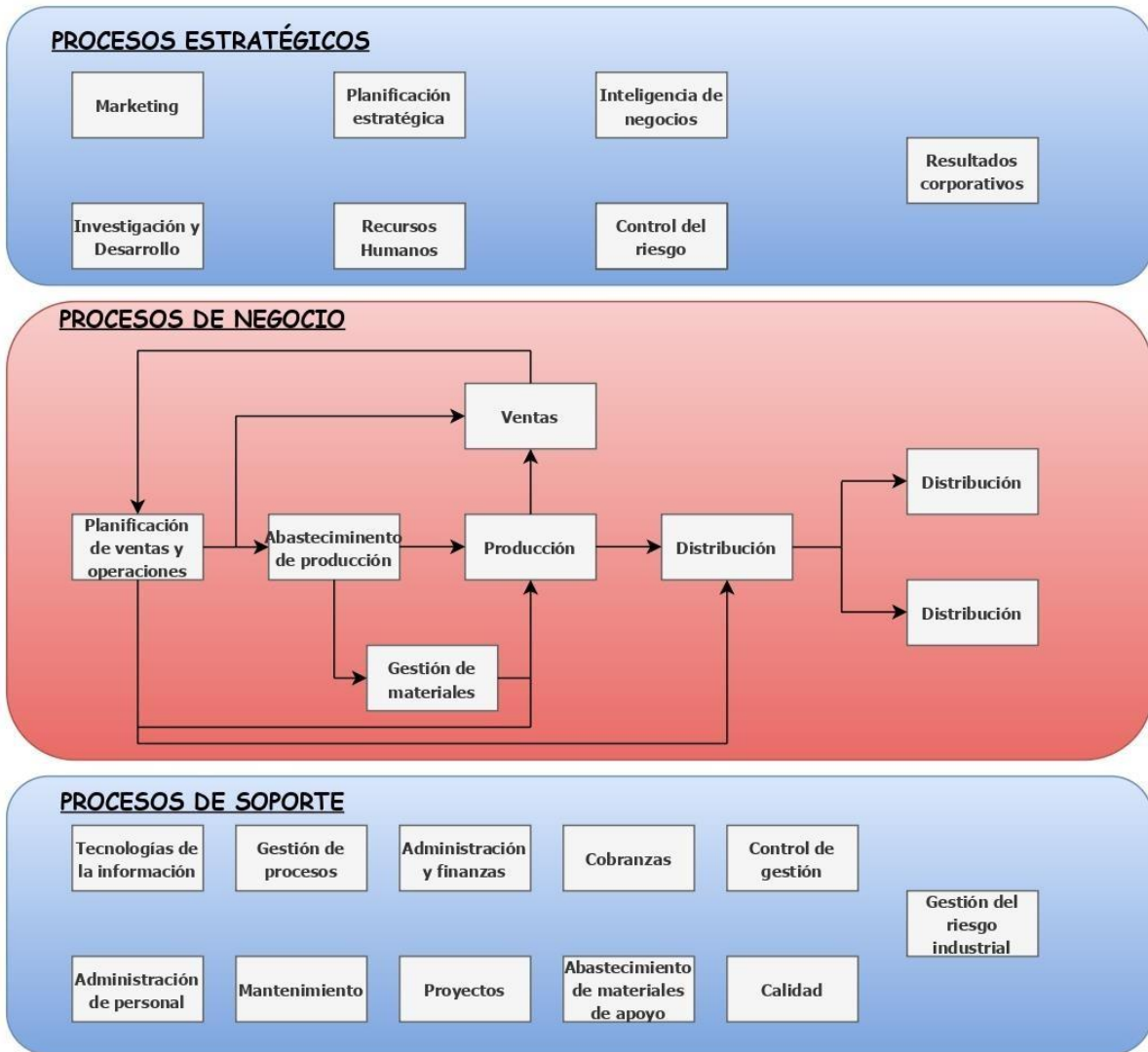
Anexo 3: Tabla de símbolos usados en la elaboración de DOP

Tipo	Símbolo ASME	Descripción
Operación		Ocurre cuando el material sufre una transformación intencionada.
Inspección		Ocurre cuando se evalúan los aspectos físicos, químicos, mecánicos o estéticos.
Operación combinada		Ocurre cuando se da un cambio se modifica alguna de las características y al mismo tiempo se evalúa dicha modificación.

Fuente: López, Alarcón y Rocha (2014)

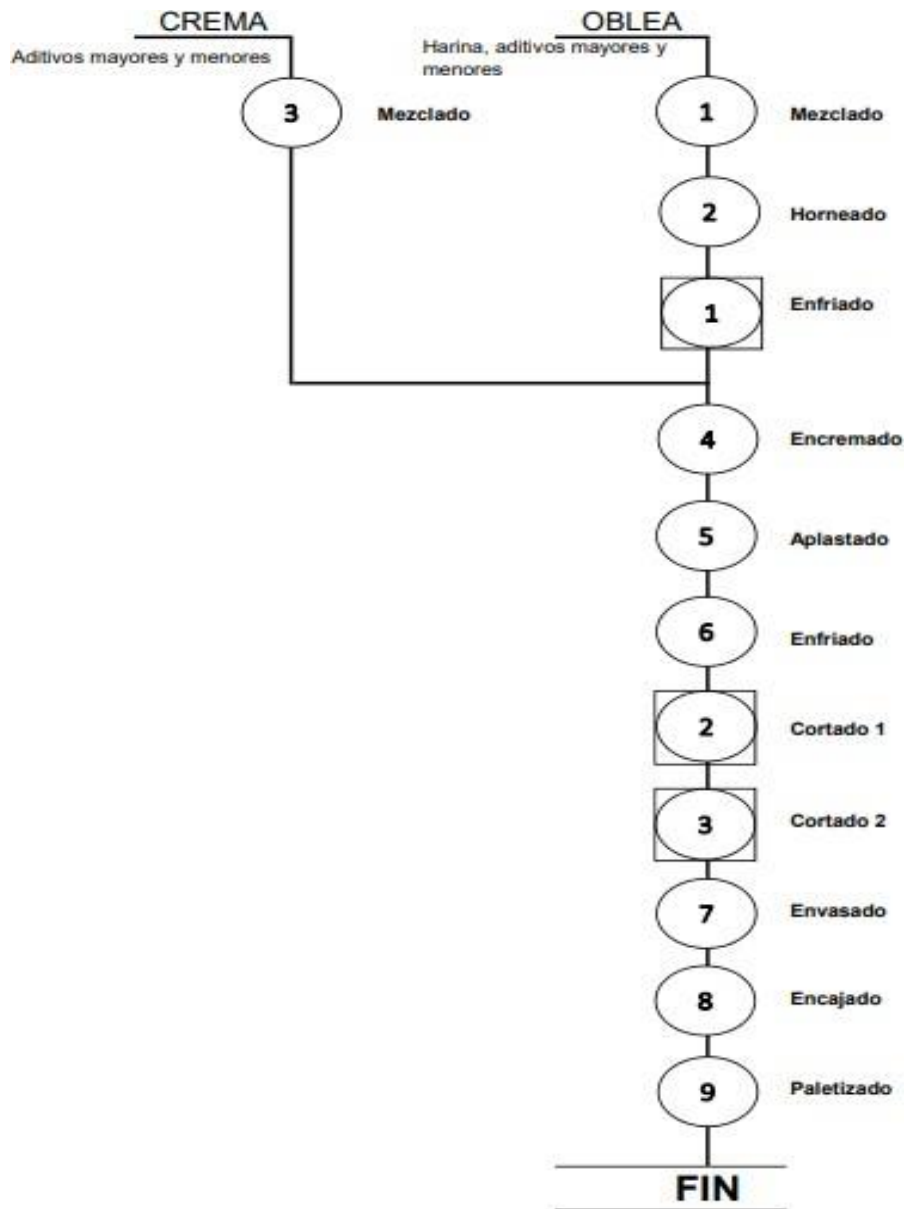


Anexo 4: Clasificación de procesos de la empresa



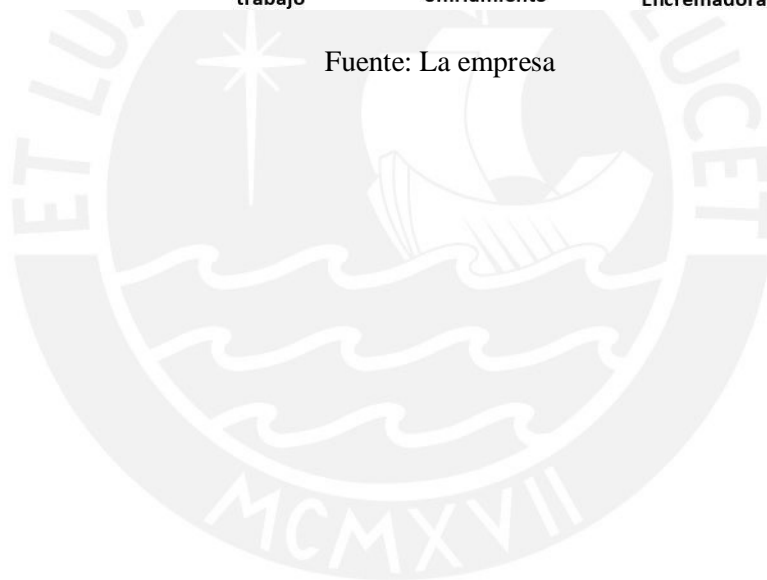
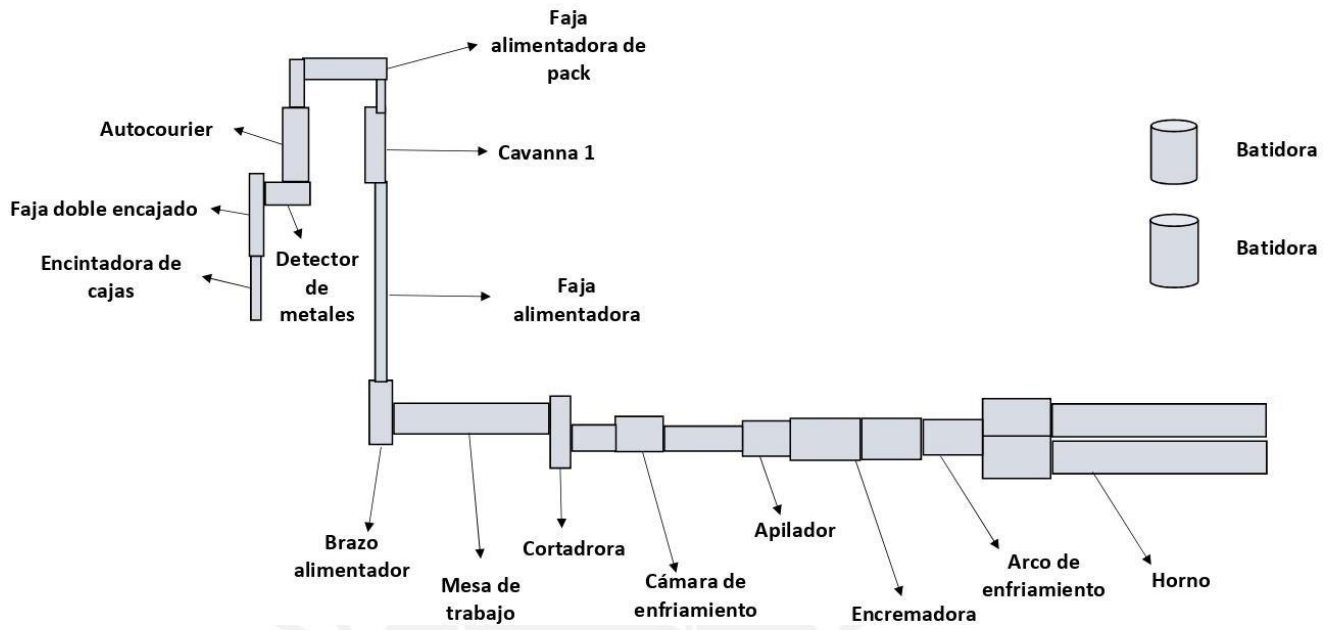
Fuente: La empresa

Anexo 5: DOP del proceso de fabricación de wafer



Fuente: La empresa

Anexo 6: Distribución de la maquinaria usada en el proceso de producción



Anexo 7: Clasificación del indicador EGE en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
L1	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM
L2	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
L3	DM	FM	FM	FM	DM	FM	DM	DM	DM	FM	FM	FM
L4	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	FM	DM	DM	DM
L5	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	FM	DM	DM
L6	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	FM
L7	DM	DM	DM	DM	FM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM

Leyenda:

DM: Dentro de meta

FM: Fuera de meta

Fuente: La empresa



Anexo 8: Clasificación del indicador MERMA en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
2	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM
3	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM
4	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
5	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
6	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
7	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM

DM: Dentro de meta

FM: Fuera de meta

Fuente: La empresa



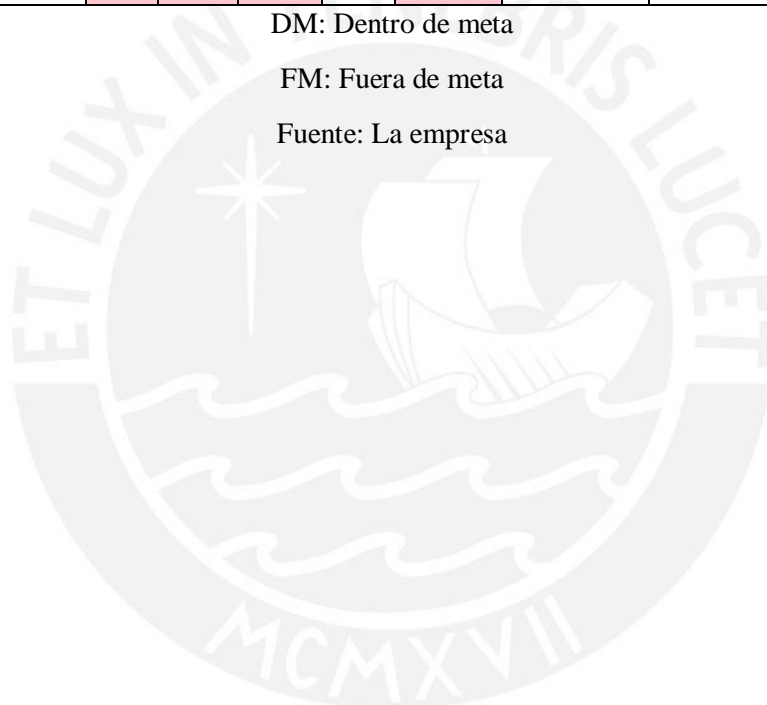
Anexo 9: Clasificación del indicador REPROCESO en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
L1	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM
L2	DM	DM	FM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
L3	FM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM
L4	FM	FM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
L5	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	FM	DM
L6	DM	FM	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	FM	DM	FM
L7	DM	DM	DM	FM	FM	FM	DM	FM	DM	DM	DM	DM

DM: Dentro de meta

FM: Fuera de meta

Fuente: La empresa



Anexo 10: Clasificación del indicador SOBREPESO en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	FM	DM
3	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
4	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
5	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
6	DM	DM	DM	DM	FM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
7	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM
8	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM	DM

DM: Dentro de meta

FM: Fuera de meta

Fuente: La empresa



Anexo 11: Cumplimiento del plan de producción por línea en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
L1	97.47%	104.68%	108.90%	106.45%	104.70%	107.64%	95.85%	101.67%	93.72%	80.22%	100.71%	97.65%	99.97%
L2	107.87%	97.84%	88.15%	100.57%	101.62%	106.45%	102.85%	100.59%	102.86%	102.77%	103.27%	99.21%	101.17%
L3	94.31%	82.73%	89.69%	86.97%	99.83%	74.11%	97.52%	96.81%	92.36%	87.42%	83.12%	76.42%	88.44%
L4	99.75%	112.60%	101.97%	101.88%	95.15%	83.62%	111.33%	110.89%	87.70%	107.23%	102.52%	101.92%	101.38%
L5	102.13%	99.89%	99.44%	100.74%	105.11%	98.49%	82.38%	111.85%	108.32%	69.31%	112.16%	106.43%	99.69%
L6	100.13%	99.57%	100.04%	109.56%	104.53%	102.30%	105.38%	105.94%	94.43%	82.69%	99.68%	75.44%	98.31%
L7	92.68%	101.05%	99.13%	98.88%	87.85%	95.53%	82.64%	115.83%	103.48%	99.30%	99.47%	100.45%	98.02%

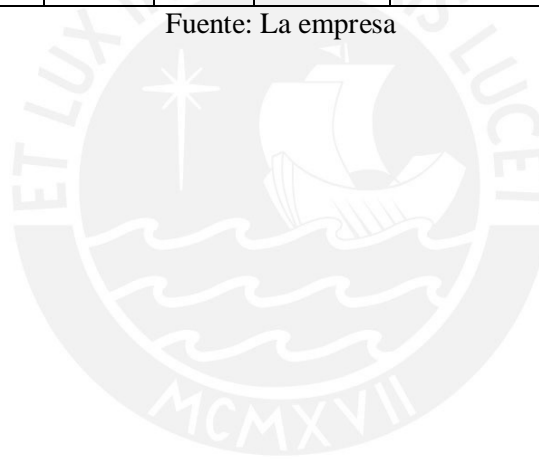
Fuente: La empresa



Anexo 12: Cantidad de cambios en la programación de la producción en el 2019

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
L1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	6
L2	4	4	5	5	5	4	2	6	3	5	6	4	53
L3	6	10	9	5	6	5	7	8	8	4	5	7	80
L4	10	6	6	8	7	6	8	6	6	9	6	8	86
L5	0	1	2	1	1	2	2	0	1	1	4	3	18
L6	0	1	2	1	0	0	3	0	3	4	3	3	20
L7	0	0	3	3	0	2	2	1	1	0	3	3	18

Fuente: La empresa



Anexo 13: Sustento de la elección de los criterios para escoger el problema principal

Para escoger los criterios que servirán para seleccionar el problema principal de la empresa, el jefe de planta, jefes de producción, ingenieros de procesos, analistas e inspectores tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Costos incurridos: ¿El problema es cuantificable económicamente?, en este caso, el costo asociado al problema está relacionado con el costo de ordenar a último momento, costo de materias primas (algunas pueden presentar variaciones), entre otros.
- Frecuencia de ocurrencia: ¿El problema es repetitivo?, hace referencia a la cantidad de veces que se repite la misma situación, una mayor frecuencia deberá tener una mayor preocupación.
- Percepción del cliente: ¿El problema es percibido por el cliente?, si es así, entonces es un problema que se debe solucionar, ya que esto generaría una mala imagen a la compañía, así como la pérdida de futuras ventas, las cuales son difíciles de cuantificar.
- Daños en las máquinas: ¿El problema ocasiona daños/fallas en las máquinas?, hace referencia a si el problema genera algún daño en la falla o algún desgaste acelerado de los equipos.
- Seguridad: ¿El problema presenta algún riesgo que atente contra la seguridad y salud del trabajador?, de ser afirmativa la respuesta, debería considerarse automáticamente un problema grave y de prioridad.
- Contaminación del producto: ¿El problema genera contaminación en el producto?, hace referencia a, si el problema encontrado, podría contaminar al producto y por ende afectar su calidad, de ser así también debería ser considerado un problema grave y de prioridad, ya que el producto final es de consumo humano.

Según los problemas identificados, los jefes, analistas e inspectores votaron por aquellos aspectos que tienen mayor relación con los problemas identificados, a continuación, en la tabla “A” se muestra la votación:

Tabla A: Votación de los criterios a escoger para la selección del problema principal

Nº	Criterios	Cantidad
1	Costos incurridos	15
2	Frecuencia de ocurrencia	11
3	Percepción del cliente/imagen de la empresa	15
4	Daños en las máquinas	0
5	Seguridad y salud ocupacional	0
6	Contaminación ambiental	0
7	Contaminación del producto	0

Fuente: La empresa

En efecto, los más votados fueron los criterios 1, 2 y 3, los cuales serán usados para escoger el problema principal.

Anexo 14: Explicación de los valores de cada puntaje por cada criterio para la determinación del problema principal

A continuación, en la tabla B se muestran los valores de cada puntaje por cada criterio:

Tabla B: Resultados de la encuesta

Descripción \ Puntuación	1	2	3	4	5
Costos incurridos (S/)	< 1000	[1000 - 2000>	[2000 - 3000>	[3000 - 4000>	4000 <
Percepción del cliente	3 Pallet de PT faltante	[4-6< Pallets de PT faltante	[6-8< Pallets de PT faltante	[8-10< Pallets de PT faltante	Mayores a 10 Pallets faltantes
Frecuencia	1 vez al mes	2 vez al mes	3 vez al mes	4 vez al mes	5 o más veces al mes

Fuente: La empresa

Cabe mencionar que 1 pallet contiene, independientemente del sabor, 60 cajas de producto terminado. Por otro lado, para la construcción de la tabla, se usaron valores del 2019, es decir, por ejemplo, el criterio de costos incurridos debido a problemas con la entrega incompleta de pedidos se dio en un rango de 0 a S/ 5 500, no obstante, para realizar el puntaje, se separó dicha cantidad en 5 intervalos, por ende, si se asigna un puntaje de 4, quiere decir que, en promedio, los costos incurridos por la falta incompleta de pedidos están entre S/ 3000 y S/ 4 000.

Anexo 15: Explicación de los valores de cada puntaje y criterio para la determinación de las causas principales

A continuación, en la tabla C se muestran los valores de cada puntaje por cada criterio:

Tabla C: Resultados de la encuesta

Descripción \ Puntuación	1	2	3	4	5
Costos incurridos (S/)	[0 - 1000>	[1000 - 1500>	[1500 - 2000>	[2000 - 2500>	[2500 - 3000>
Cantidad de líneas afectadas	1 línea	2 líneas	3 líneas	4 líneas	5 o más líneas
Frecuencia	1 vez al mes	2 vez al mes	3 vez al mes	4 vez al mes	5 vez al mes

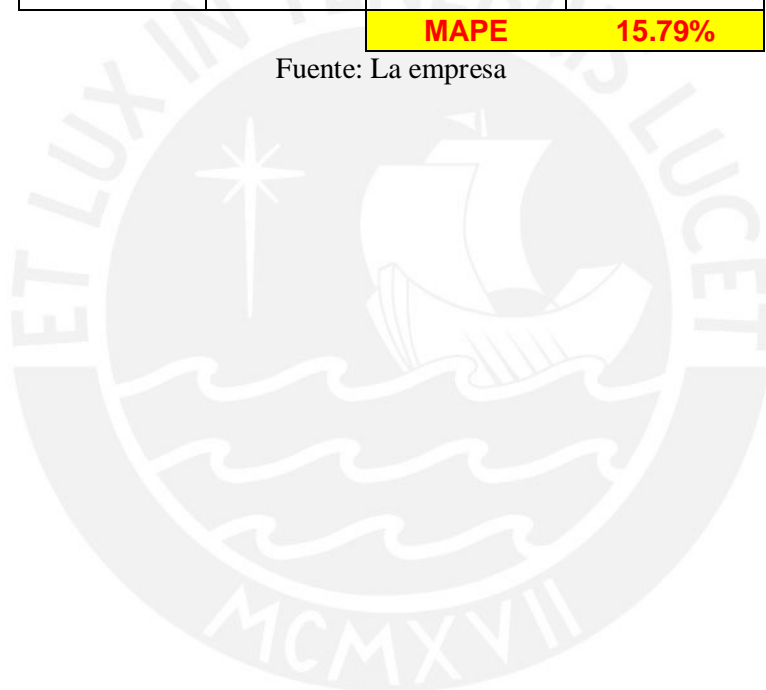
Fuente: La empresa

Respecto al criterio “Frecuencia”, comparado con la causa “Baja exactitud en los pronósticos”, se tomó en cuenta la cantidad de veces que el MAPE fue mayor que 12%, este porcentaje es propuesto por el Analista de Planeamiento de la demanda para verificar la exactitud de los pronósticos. Por otro lado, respecto a las causas de “Inadecuado sistema de planificación” e “Inadecuada política de inventarios de materias primas”, comparados con el criterio de “frecuencia” hace referencia a la cantidad de veces que se realizaron cambios en el plan de producción (en promedio) y la cantidad de veces que el porcentaje de cobertura estuvo por debajo del 70% respectivamente.

Anexo 16: Cálculo del MAPE del pronóstico, para wafer fresa, en el 2019

Mes	Venta (kg)	Pronóstico (kg)	Error /Venta
Enero	70106.68	66298.4	5.43%
Febrero	80554.88	72325.68	10.22%
Marzo	43310.12	33788.16	21.99%
Abril	62070.12	69772.36	12.41%
Mayo	65475.48	58530.36	10.61%
Junio	50512.84	44056.6	12.78%
Julio	83723.08	64515.08	22.94%
Agosto	93740.64	71942.92	23.25%
Setiembre	90201.72	70472.36	21.87%
Octubre	45590.72	56938	24.89%
Noviembre	77738.36	66564.96	14.37%
Diciembre	54407.64	59143.56	8.70%
		MAPE	15.79%

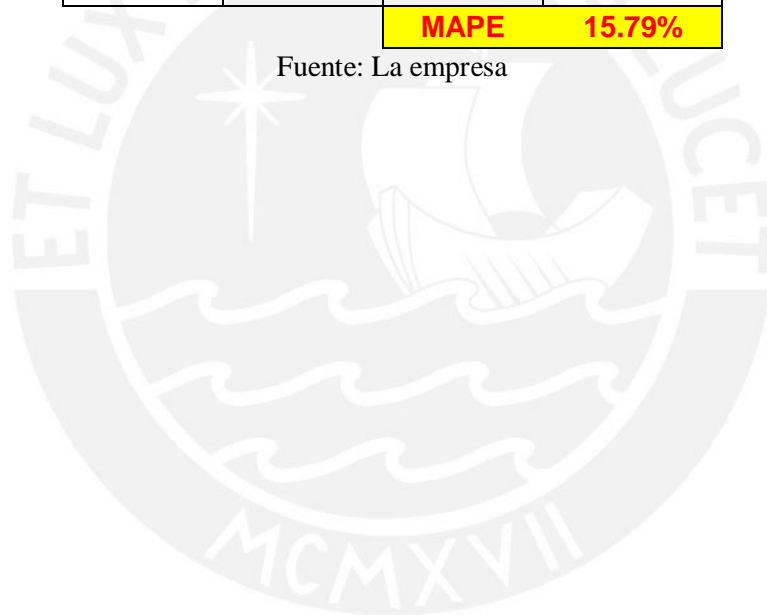
Fuente: La empresa



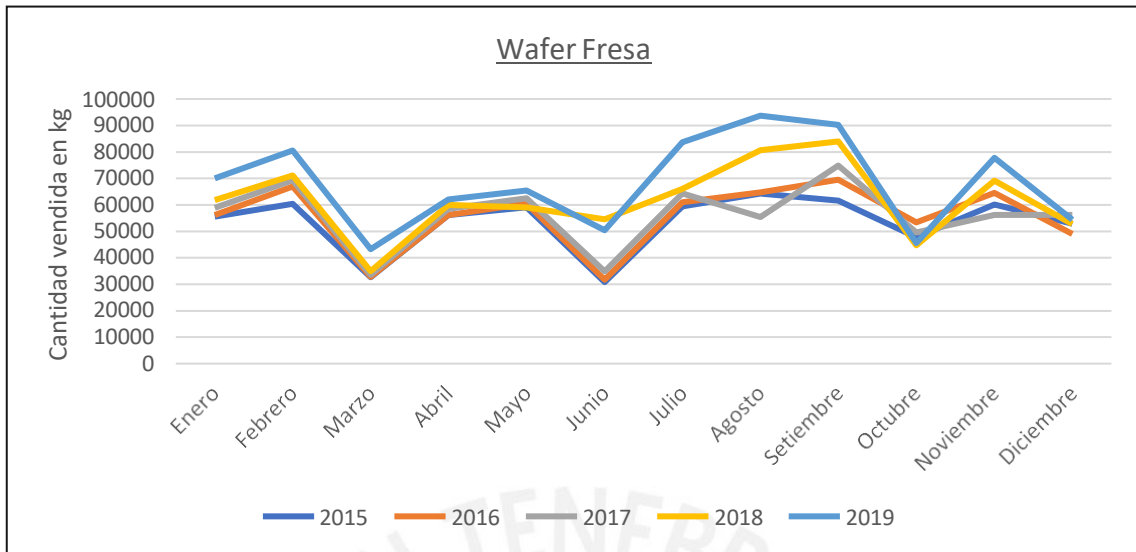
Anexo 17: Cálculo del MAPE del pronóstico, para wafer chocolate, en el 2019

Mes	Venta (kg)	Pronóstico (kg)	Error /Venta
Enero	80121.92	75769.6	5.43%
Febrero	92062.72	82657.92	10.22%
Marzo	49497.28	38615.04	21.99%
Abril	70937.28	79739.84	12.41%
Mayo	74829.12	66891.84	10.61%
Junio	57728.96	50350.4	12.78%
Julio	95683.52	73731.52	22.94%
Agosto	107132.16	82220.48	23.25%
Setiembre	103087.68	80539.84	21.87%
Octubre	52103.68	65072	24.89%
Noviembre	88843.84	76074.24	14.37%
Diciembre	62180.16	67592.64	8.70%
		MAPE	15.79%

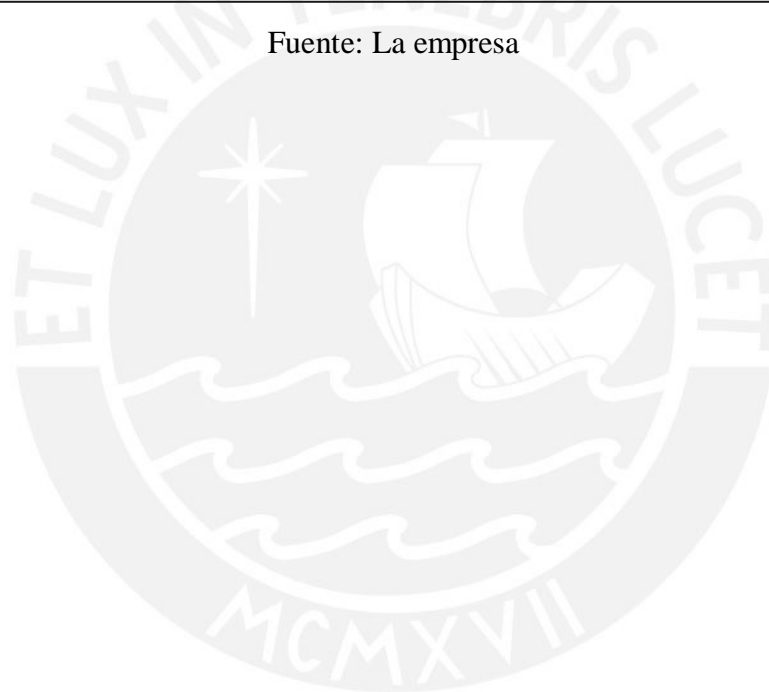
Fuente: La empresa



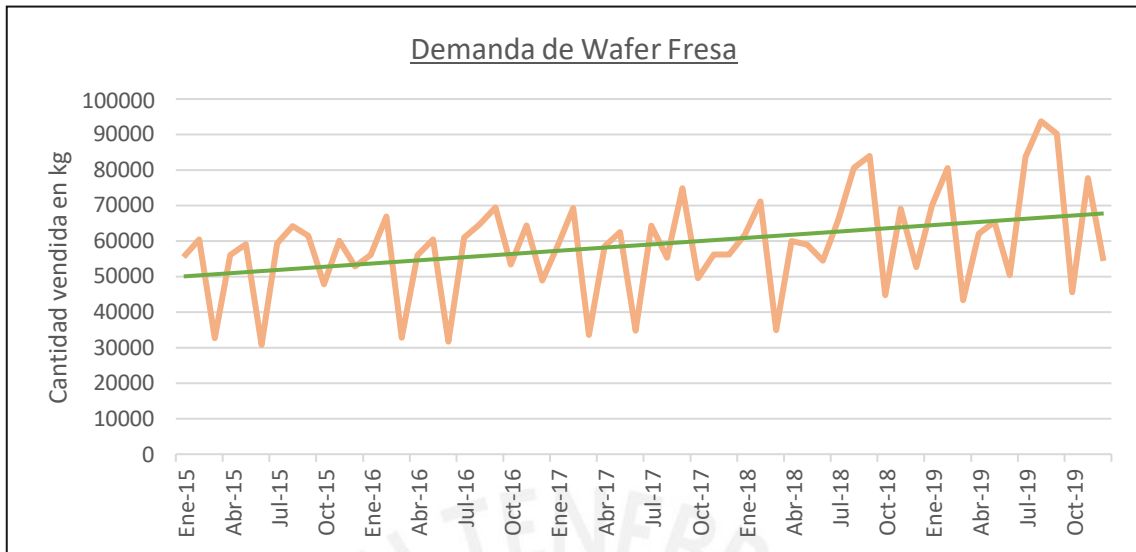
Anexo 18: Comparación de ventas de Wafer Fresa, desde 2015 al 2019



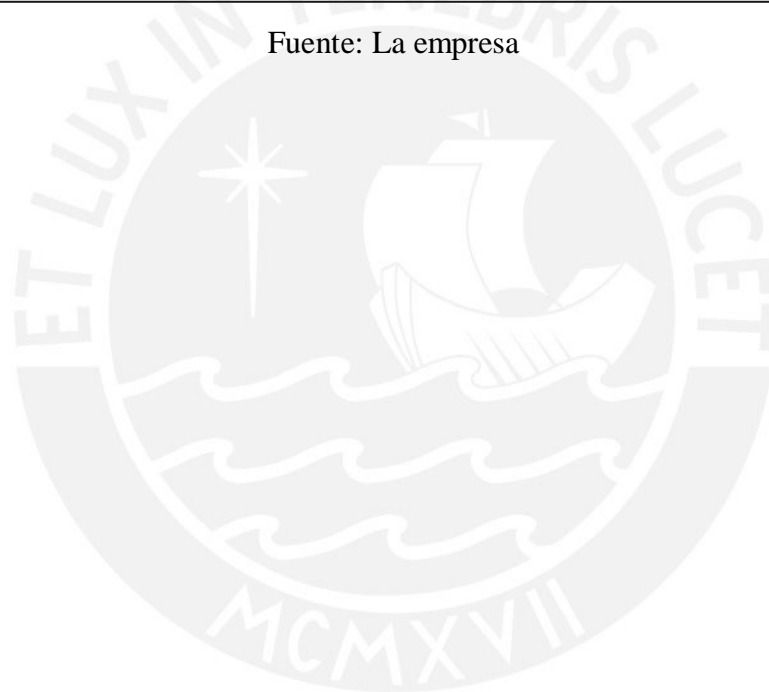
Fuente: La empresa



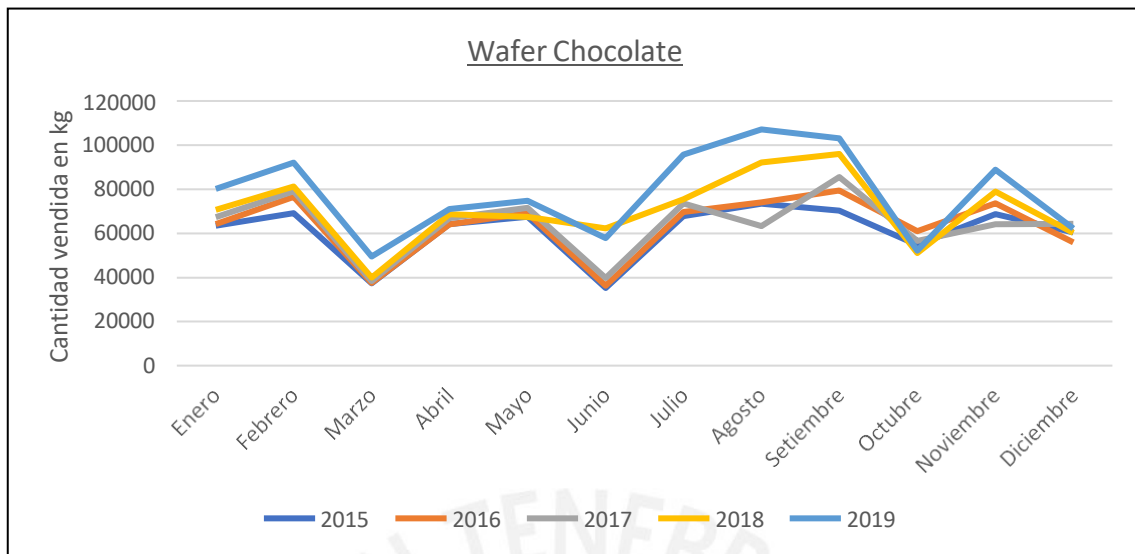
Anexo 19: Comportamiento de la demanda de Wafer Fresa: 2015 – 2019



Fuente: La empresa



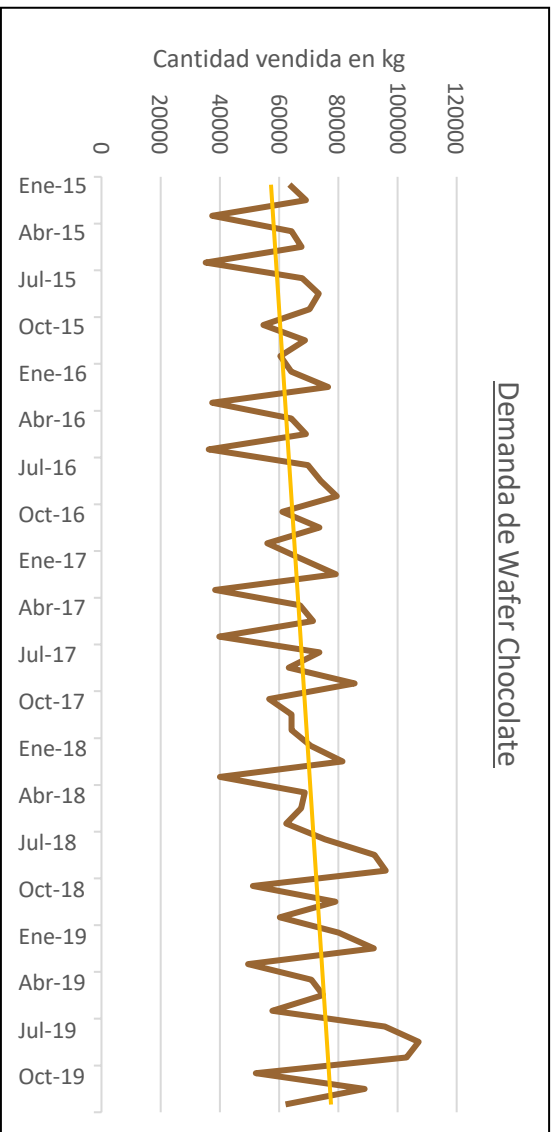
Anexo 20: Comparación de ventas de Wafer Chocolate, desde 2015 al 2019



Fuente: La empresa



Anexo 21: Comportamiento de la demanda de Wafer Chocolate: 2015 – 2019



Fuente: La empresa



Anexo 22: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad en condiciones iniciales para Wafer Vainilla

Alfa	0.1
Beta	0.1
Gamma	0.1

B₀	74169.1938
B₁	261.4073

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	F_t
	0		74169.1938	261.4073		
2015	1	79352.4	74553	273.6	1.0489	
	2	86338	74513	242.3	1.2042	
	3	46736.8	75049	271.7	0.6016	
	4	80269.6	75562	295.7	1.0327	
	5	84401.6	76116	321.6	1.0759	
	6	43978	75364	214.3	0.6693	
	7	84798.4	75662	222.6	1.1098	
	8	91807.2	76154	249.6	1.1683	
	9	87896.4	75679	177.1	1.2709	
	10	68348.8	76219	213.4	0.8600	
	11	85911.6	76653	235.5	1.0924	
	12	75540.8	77419	288.5	0.9191	
2016	13	80167.2	77568	274.6	1.0505	
	14	95651.6	78032	293.5	1.1997	
	15	46809.2	78247	285.6	0.6037	
	16	80128.4	78416	274.0	1.0357	
	17	86342.8	78821	287.1	1.0792	
	18	45299.2	78053	181.6	0.6607	
	19	87142	78255	183.7	1.1109	
	20	92520.8	78489	188.7	1.1720	
	21	99293.6	78691	190.0	1.2600	
	22	76298.8	79827	284.6	0.8636	
	23	92044.4	80505	323.9	1.0953	
	24	69950.8	80310	272.0	0.9248	
2017	25	84130	80546	268.4	1.0488	
	26	98992.4	80966	283.6	1.2023	
	27	48019.2	81087	267.3	0.6031	
	28	83732.8	81314	263.3	1.0343	
	29	89390	81690	274.6	1.0808	
	30	49764.4	81392	217.4	0.6527	
	31	91964.4	81725	228.9	1.1112	
	32	79111.2	80505	84.0	1.1727	
	33	106966.4	81018	126.9	1.2602	
	34	70845.2	81147	127.1	0.8728	
	35	80299.2	80446	44.3	1.1001	
	36	80314.8	81177	113.0	0.9194	
2018	37	88336.8	81588	142.7	1.0483	
	38	101701.6	82002	169.9	1.2043	
	39	49950	82252	177.9	0.6020	
	40	85770	82483	183.2	1.0339	
	41	84353.6	82194	136.0	1.0822	
	42	77954	86116	514.6	0.6486	

	43	94338.8	86447	496.2	1.1126	
	44	115266.8	88240	625.9	1.1537	
	45	120018.8	89458	685.1	1.2662	
	46	63955.2	88456	516.4	0.8729	
	47	98808	89141	533.3	1.0899	
	48	75332	88839	449.7	0.9264	
2019	49				1.0518	93912.4472
	50				1.2079	108394.679
	51				0.6026	54343.6911
	52				1.0345	93760.3631
	53				1.0766	98064.6179
	54				0.6742	61718.0705
	55				1.1105	102147.899
	56				1.1689	108053.402
	57				1.2737	118311.255
	58				0.8579	80071.2837
	59				1.0917	102388.928
	60				0.9185	86559.2599

Indicadores de error								
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto	
2019	Enero	100152.4	93912.4472	6239.95277	6239.952766	38937010.5	6.2305%	
	Febrero	115078.4	108394.679	6683.72053	6683.720526	44672120.1	5.8080%	
	Marzo	61871.6	54343.6911	7527.90892	7527.908917	56669412.7	12.1670%	
	Abril	88671.6	93760.3631	-	5088.76314	25895510.3	5.7389%	
	Mayo	93536.4	98064.6179	-	4528.21794	20504757.8	4.8411%	
	Junio	72161.2	61718.0705	10443.1295	10443.1295	109058954	14.4719%	
	Julio	119604.4	102147.899	17456.5006	17456.50056	304729412	14.5952%	
	Agosto	133915.2	108053.402	25861.7975	25861.79752	668832571	19.3121%	
	Setiembre	128859.6	118311.255	10548.3455	10548.34547	111267592	8.1859%	
	Octubre	65129.6	80071.2837	-	14941.6837	223253913	22.9415%	
	Noviembre	111054.8	102388.928	8665.87182	8665.871819	75097334.4	7.8032%	
	Diciembre	77725.2	86559.2599	-	8834.05987	78040613.8	11.3658%	
				CFE =	60034.5024	MSE =	146413267	
					MAD =	10568.3293	MAPE =	11.12%

Anexo 23: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad en condiciones iniciales para Wafer Fresa

Alfa	0.1
Beta	0.1
Gamma	0.1

B₀	51918.4356
B₁	182.9851

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	F_t
	0		51918.4356	182.9851		
2015	1	55546.68	52187	191.5	1.0489	
	2	60436.6	52159	169.6	1.2042	
	3	32715.76	52535	190.2	0.6016	
	4	56188.72	52893	207.0	1.0327	
	5	59081.12	53281	225.1	1.0759	
	6	30784.6	52755	150.0	0.6693	
	7	59358.88	52963	155.8	1.1098	
	8	64265.04	53308	174.7	1.1683	
	9	61527.48	52975	124.0	1.2709	
	10	47844.16	53353	149.3	0.8600	
	11	60138.12	53657	164.8	1.0924	
	12	52878.56	54193	201.9	0.9191	
2016	13	56117.04	54298	192.2	1.0505	
	14	66956.12	54622	205.4	1.1997	
	15	32766.44	54773	199.9	0.6037	
	16	56089.88	54891	191.8	1.0357	
	17	60439.96	55175	201.0	1.0792	
	18	31709.44	54637	127.1	0.6607	
	19	60999.4	54779	128.6	1.1109	
	20	64764.56	54943	132.1	1.1720	
	21	69505.52	55084	133.0	1.2600	
	22	53409.16	55879	199.2	0.8636	
	23	64431.08	56353	226.7	1.0953	
	24	48965.56	56217	190.4	0.9248	
2017	25	58891	56382	187.9	1.0488	
	26	69294.68	56676	198.5	1.2023	
	27	33613.44	56761	187.1	0.6031	
	28	58612.96	56920	184.3	1.0343	
	29	62573	57183	192.2	1.0808	
	30	34835.08	56975	152.2	0.6527	
	31	64375.08	57208	160.2	1.1112	
	32	55377.84	56353	58.8	1.1727	
	33	74876.48	56713	88.8	1.2602	
	34	49591.64	56803	89.0	0.8728	
	35	56209.44	56312	31.0	1.1001	
	36	56220.36	56824	79.1	0.9194	
2018	37	61835.76	57111	99.9	1.0483	
	38	71191.12	57401	118.9	1.2043	
	39	34965	57576	124.5	0.6020	
	40	60039	57738	128.2	1.0339	
	41	59047.52	57536	95.2	1.0822	
	42	54567.8	60281	360.2	0.6486	

	43	66037.16	60513	347.4	1.1126	
	44	80686.76	61768	438.1	1.1537	
	45	84013.16	62621	479.6	1.2662	
	46	44768.64	61919	361.5	0.8729	
	47	69165.6	62399	373.3	1.0899	
	48	52732.4	62187	314.8	0.9264	
2019	49				1.0518	65738.7131
	50				1.2079	75876.2756
	51				0.6026	38040.5838
	52				1.0345	65632.2542
	53				1.0766	68645.2326
	54				0.6742	43202.6494
	55				1.1105	71503.5296
	56				1.1689	75637.3817
	57				1.2737	82817.8782
	58				0.8579	56049.8986
	59				1.0917	71672.2497
	60				0.9185	60591.4819

Indicadores de error							
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto
2019	Enero	70106.68	65738.7131	4367.96693	4367.966927	19079135.1	6.2305%
	Febrero	80554.88	75876.2756	4678.60436	4678.604358	21889338.7	5.8080%
	Marzo	43310.12	38040.5838	5269.53624	5269.536237	27768012.1	12.1670%
	Abril	62070.12	65632.2542	-	3562.134207	12688800.1	5.7389%
	Mayo	65475.48	68645.2326	-	3169.75257	10047331.4	4.8411%
	Junio	50512.84	43202.6494	7310.19065	7310.190647	53438887.3	14.4719%
	Julio	83723.08	71503.5296	12219.5504	12219.55038	149317412	14.5952%
	Agosto	93740.64	75637.3817	18103.2583	18103.25826	327727960	19.3121%
	Setiembre	90201.72	82817.8782	7383.84182	7383.841818	54521120	8.1859%
	Octubre	45590.72	56049.8986	-	10459.1786	109394417	22.9415%
	Noviembre	77738.36	71672.2497	6066.11027	6066.110266	36797693.8	7.8032%
	Diciembre	54407.64	60591.4819	-	6183.84191	38239900.8	11.3658%
				CFE =	42024.1516	MSE =	71742500.6
				MAD =	7397.8305	MAPE =	11.12%

Anexo 24: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad en condiciones iniciales para Wafer Chocolate

Alfa	0.1
Beta	0.1
Gamma	0.1

B₀	59335.355
B₁	209.1258

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		59335.355	209.1258		
2015	1	63481.92	59642	218.9	1.0489	
	2	69070.4	59611	193.9	1.2042	
	3	37389.44	60040	217.4	0.6016	
	4	64215.68	60449	236.6	1.0327	
	5	67521.28	60893	257.3	1.0759	
	6	35182.4	60292	171.4	0.6693	
	7	67838.72	60529	178.1	1.1098	
	8	73445.76	60923	199.6	1.1683	
	9	70317.12	60543	141.7	1.2709	
	10	54679.04	60975	170.7	0.8600	
	11	68729.28	61322	188.4	1.0924	
	12	60432.64	61935	230.8	0.9191	
2016	13	64133.76	62054	219.7	1.0505	
	14	76521.28	62425	234.8	1.1997	
	15	37447.36	62597	228.5	0.6037	
	16	64102.72	62733	219.2	1.0357	
	17	69074.24	63057	229.7	1.0792	
	18	36239.36	62443	145.3	0.6607	
	19	69713.6	62604	146.9	1.1109	
	20	74016.64	62792	151.0	1.1720	
	21	79434.88	62953	152.0	1.2600	
	22	61039.04	63862	227.7	0.8636	
	23	73635.52	64404	259.1	1.0953	
	24	55960.64	64248	217.6	0.9248	
2017	25	67304	64436	214.7	1.0488	
	26	79193.92	64773	226.9	1.2023	
	27	38415.36	64869	213.8	0.6031	
	28	66986.24	65051	210.7	1.0343	
	29	71512	65352	219.7	1.0808	
	30	39811.52	65114	173.9	0.6527	
	31	73571.52	65380	183.1	1.1112	
	32	63288.96	64404	67.2	1.1727	
	33	85573.12	64815	101.5	1.2602	
	34	56676.16	64918	101.7	0.8728	
	35	64239.36	64357	35.5	1.1001	
	36	64251.84	64942	90.4	0.9194	
2018	37	70669.44	65270	114.2	1.0483	
	38	81361.28	65602	135.9	1.2043	
	39	39960	65801	142.3	0.6020	
	40	68616	65986	146.5	1.0339	
	41	67482.88	65755	108.8	1.0822	
	42	62363.2	68893	411.7	0.6486	

	43	75471.04	69158	397.0	1.1126	
	44	92213.44	70592	500.7	1.1537	
	45	96015.04	71567	548.1	1.2662	
	46	51164.16	70765	413.1	0.8729	
	47	79046.4	71313	426.6	1.0899	
	48	60265.6	71071	359.8	0.9264	
2019	49				1.0518	75129.9578
	50				1.2079	86715.7436
	51				0.6026	43474.9529
	52				1.0345	75008.2905
	53				1.0766	78451.6944
	54				0.6742	49374.4564
	55				1.1105	81718.3196
	56				1.1689	86442.722
	57				1.2737	94649.0037
	58				0.8579	64057.027
	59				1.0917	81911.1426
	60				0.9185	69247.4079

Indicadores de error							
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto
2019	Enero	80121.92	75129.9578	4991.96219	4991.962186	24919686.5	6.2305%
	Febrero	92062.72	86715.7436	5346.97639	5346.976386	28590156.5	5.8080%
	Marzo	49497.28	43474.9529	6022.32711	6022.327115	36268423.9	12.1670%
	Abril	70937.28	75008.2905	-4071.01055	4071.010547	16573126.9	5.7389%
	Mayo	74829.12	78451.6944	-3622.57439	3622.574394	13123045.2	4.8411%
	Junio	57728.96	49374.4564	8354.50358	8354.50358	69797730.1	14.4719%
	Julio	95683.52	81718.3196	13965.2004	13965.2004	195026822	14.5952%
	Agosto	107132.16	86442.722	20689.438	20689.43797	428052844	19.3121%
	Setiembre	103087.68	94649.0037	8438.67632	8438.676323	71211258.1	8.1859%
	Octubre	52103.68	64057.027	-11953.347	11953.34702	142882505	22.9415%
	Noviembre	88843.84	81911.1426	6932.69741	6932.697409	48062293.4	7.8032%
	Diciembre	62180.16	69247.4079	-7067.24793	7067.247935	49945993.4	11.3658%
				CFE =	48027.6015	MSE =	93704490.4
				MAD =	8454.6634	MAPE =	11.12%

Anexo 25: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad con parámetros optimizados para Wafer Vainilla

Alfa	0.017600375
Beta	0.553685362
Gamma	0.716487291

B0	74169.1938
B1	261.4073

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		74169.1938	261.4073		
2015	1	79352.4	74452	273.3	1.0489	
	2	86338	74672	243.8	1.2042	
	3	46736.8	74965	270.9	0.6016	
	4	80269.6	75279	295.1	1.0327	
	5	84401.6	75625	323.1	1.0759	
	6	43978	75768	223.3	0.6693	
	7	84798.4	75998	227.3	1.1098	
	8	91807.2	76267	250.3	1.1683	
	9	87896.4	76388	178.6	1.2709	
	10	68348.8	76618	207.0	0.8600	
	11	85911.6	76857	224.7	1.0924	
	12	75540.8	77172	274.5	0.9191	
2016	13	80167.2	77413	256.1	1.0610	
	14	95651.6	77741	296.0	1.1698	
	15	46809.2	77998	274.5	0.6172	
	16	80128.4	78230	250.7	1.0568	
	17	86342.8	78475	247.6	1.1047	
	18	45299.2	78653	209.3	0.6056	
	19	87142	78851	203.0	1.1141	
	20	92520.8	79027	187.9	1.1937	
	21	99293.6	79296	232.7	1.1848	
	22	76298.8	79650	299.8	0.8830	
	23	92044.4	80001	328.3	1.1106	
	24	69950.8	80195	254.2	0.9619	
2017	25	84130	80453	256.4	1.0428	
	26	98992.4	80725	265.0	1.2132	
	27	48019.2	80962	249.3	0.6050	
	28	83732.8	81208	247.4	1.0335	
	29	89390	81450	244.4	1.1015	
	30	49764.4	81755	278.2	0.5844	
	31	91964.4	82051	287.9	1.1077	
	32	79111.2	82072	140.3	1.1773	
	33	106966.4	82293	184.5	1.2331	
	34	70845.2	82357	117.8	0.9367	
	35	80299.2	82264	1.0	1.1392	
	36	80314.8	82391	71.2	0.8977	
2018	37	88336.8	82499	91.5	1.0449	
	38	101701.6	82601	97.3	1.2226	
	39	49950	82717	107.5	0.5965	
	40	85770	82830	110.4	1.0318	
	41	84353.6	82832	50.4	1.0986	
	42	77954	83703	505.1	0.6018	

	43	94338.8	84213	507.4	1.1171	
	44	115266.8	85209	778.3	1.0244	
	45	120018.8	86123	853.5	1.2809	
	46	63955.2	86722	712.6	0.8819	
	47	98808	87597	802.4	1.0224	
	48	75332	88235	711.3	0.9529	
2019	49				1.0634	94587.2984
	50				1.2288	110169.613
	51				0.6018	54381.3615
	52				1.0344	94217.0322
	53				1.0411	95566.3907
	54				0.8379	77507.196
	55				1.1194	104339.279
	56				1.2597	118313.725
	57				1.3616	128859.59
	58				0.7784	74220.4245
	59				1.0980	105476.479
	60				0.8819	85339.896

Indicadores de error								
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto	
2019	Enero	100152.4	94587.2984	5565.1016	5565.101599	30970355.8	5.5566%	
	Febrero	115078.4	110169.613	4908.78705	4908.787046	24096190.3	4.2656%	
	Marzo	61871.6	54381.3615	7490.23846	7490.23846	56103672.2	12.1061%	
	Abril	88671.6	94217.0322	-	5545.432195	30751818.2	6.2539%	
	Mayo	93536.4	95566.3907	-	2029.99072	4120862.33	2.1703%	
	Junio	72161.2	77507.196	-	5345.99598	28579673	7.4084%	
	Julio	119604.4	104339.279	15265.1213	15265.12129	233023928	12.7630%	
	Agosto	133915.2	118313.725	15601.4745	15601.47453	243406007	11.6503%	
	Setiembre	128859.6	128859.59	0.01047621	0.010476212	0.00010975	0.0000%	
	Octubre	65129.6	74220.4245	-	9090.82448	82643089.8	13.9581%	
	Noviembre	111054.8	105476.479	5578.32055	5578.320548	31117660.1	5.0230%	
	Diciembre	77725.2	85339.896	-	7614.69604	57983595.7	9.7969%	
				CFE =	24782.1145	MSE =	68566404.4	
					MAD =	7002.9994	MAPE =	7.58%

Anexo 26: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad con parámetros optimizados para Wafer Fresa

Alfa	0.044802756
Beta	0.156220854
Gamma	1

B0	51918.4356
B1	182.9851

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		51918.4356	182.9851		
2015	1	55546.68	52140	189.0	1.0489	
	2	60436.6	52233	174.0	1.2042	
	3	32715.76	52495	187.8	0.6016	
	4	56188.72	52760	199.9	1.0327	
	5	59081.12	53048	213.6	1.0759	
	6	30784.6	52936	162.7	0.6693	
	7	59358.88	53116	165.4	1.1098	
	8	64265.04	53358	177.5	1.1683	
	9	61527.48	53306	141.6	1.2709	
	10	47844.16	53546	156.9	0.8600	
	11	60138.12	53763	166.4	1.0924	
	12	52878.56	54091	191.6	0.9191	
2016	13	56117.04	54211	180.3	1.0653	
	14	66956.12	54547	204.7	1.1571	
	15	32766.44	54654	189.4	0.6232	
	16	56089.88	54746	174.2	1.0650	
	17	60439.96	54891	169.6	1.1137	
	18	31709.44	55037	165.9	0.5815	
	19	60999.4	55175	161.6	1.1175	
	20	64764.56	55266	150.6	1.2044	
	21	69505.52	55632	184.2	1.1542	
	22	53409.16	55994	211.9	0.8935	
	23	64431.08	56268	221.7	1.1186	
	24	48965.56	56203	176.9	0.9776	
2017	25	58891	56403	180.5	1.0352	
	26	69294.68	56577	179.6	1.2275	
	27	33613.44	56726	174.7	0.5995	
	28	58612.96	56915	176.9	1.0245	
	29	62573	57080	175.0	1.1011	
	30	34835.08	57398	197.5	0.5762	
	31	64375.08	57624	201.9	1.1056	
	32	55377.84	57352	127.9	1.1719	
	33	74876.48	57590	145.1	1.2494	
	34	49591.64	57478	104.9	0.9538	
	35	56209.44	57202	45.4	1.1451	
	36	56220.36	57574	96.4	0.8712	
2018	37	61835.76	57740	107.3	1.0441	
	38	71191.12	57860	109.2	1.2248	
	39	34965	58015	116.5	0.5926	
	40	60039	58139	117.6	1.0298	

	41	59047.52	58060	86.9	1.0962	
	42	54567.8	59570	309.2	0.6069	
	43	66037.16	59845	303.9	1.1172	
	44	80686.76	61198	467.7	0.9656	
	45	84013.16	61798	488.4	1.3002	
	46	44768.64	61820	415.6	0.8628	
	47	69165.6	62601	472.7	0.9826	
	48	52732.4	62668	409.2	0.9765	
2019	49				1.0709	67551.1324
	50				1.2304	78113.6936
	51				0.6027	38508.6002
	52				1.0327	66405.3183
	53				1.0170	65813.9108
	54				0.9160	59653.8943
	55				1.1035	72312.2449
	56				1.3185	86940.1322
	57				1.3595	90201.708
	58				0.7242	48345.1727
	59				1.1049	74211.6601
	60				0.8415	56864.0734

Indicadores de error								
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto	
2019	Enero	70106.68	67551.1324	2555.54765	2555.547646	6530823.77	3.6452%	
	Febrero	80554.88	78113.6936	2441.18641	2441.18641	5959391.09	3.0305%	
	Marzo	43310.12	38508.6002	4801.51977	4801.519766	23054592.1	11.0864%	
	Abril	62070.12	66405.3183	-	4335.19832	4335.198317	18793944.5	6.9844%
	Mayo	65475.48	65813.9108	-	338.430771	338.430771	114535.387	0.5169%
	Junio	50512.84	59653.8943	-	9141.05432	9141.054324	83558874.2	18.0965%
	Julio	83723.08	72312.2449	11410.8351	11410.83513	130207158	13.6293%	
	Agosto	93740.64	86940.1322	6800.50783	6800.507831	46246906.8	7.2546%	
	Setiembre	90201.72	90201.708	0.01197211	0.01197211	0.00014333	0.0000%	
	Octubre	45590.72	48345.1727	-	2754.45274	2754.45274	7587009.9	6.0417%
	Noviembre	77738.36	74211.6601	3526.69988	3526.699884	12437612.1	4.5366%	
	Diciembre	54407.64	56864.0734	-	2456.43342	2456.433425	6034065.17	4.5149%
				CFE =	12510.7391	MSE =	28377076.1	
					MAD =	4213.4899	MAPE =	6.61%

Anexo 27: Cálculo de pronósticos con el método con suavizamiento exponencial corregido por tendencia y estacionalidad con parámetros optimizados para Wafer Chocolate

Alfa	0.028128763
Beta	0.362131606
Gamma	0.72058153

B₀	59335.355
B₁	209.1258

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		59335.355	209.1258		
2015	1	63481.92	59572	219.1	1.0489	
	2	69070.4	59723	194.3	1.2042	
	3	37389.44	59980	217.1	0.6016	
	4	64215.68	60253	237.3	1.0327	
	5	67521.28	60554	260.4	1.0759	
	6	35182.4	60582	176.3	0.6693	
	7	67838.72	60769	180.1	1.1098	
	8	73445.76	61003	199.6	1.1683	
	9	70317.12	61037	139.8	1.2709	
	10	54679.04	61244	164.3	0.8600	
	11	68729.28	61451	179.6	1.0924	
	12	60432.64	61747	221.6	0.9191	
2016	13	64133.76	61926	206.1	1.0610	
	14	76521.28	62224	239.5	1.1698	
	15	37447.36	62413	221.2	0.6173	
	16	64102.72	62579	201.2	1.0565	
	17	69074.24	62774	199.0	1.1041	
	18	36239.36	62885	167.2	0.6055	
	19	69713.6	63038	162.1	1.1145	
	20	74016.64	63166	149.8	1.1940	
	21	79434.88	63420	187.5	1.1853	
	22	61039.04	63761	243.2	0.8836	
	23	73635.52	64068	266.3	1.1112	
	24	55960.64	64161	203.4	0.9621	
2017	25	67304	64370	205.3	1.0427	
	26	79193.92	64595	212.5	1.2130	
	27	38415.36	64771	199.4	0.6048	
	28	66986.24	64966	197.9	1.0333	
	29	71512	65158	195.5	1.1014	
	30	39811.52	65431	223.6	0.5844	
	31	73571.52	65675	231.0	1.1083	
	32	63288.96	65563	107.0	1.1780	
	33	85573.12	65774	144.6	1.2337	
	34	56676.16	65767	89.4	0.9367	
	35	64239.36	65590	-6.7	1.1387	
	36	64251.84	65753	54.6	0.8973	
2018	37	70669.44	65859	73.3	1.0448	
	38	81361.28	65950	79.7	1.2224	
	39	39960	66057	89.6	0.5964	
	40	68616	66157	93.3	1.0317	
	41	67482.88	66115	44.1	1.0986	
	42	62363.2	67213	425.9	0.6017	

	43	75471.04	67637	425.2	1.1169	
	44	92213.44	68679	648.6	1.0247	
	45	96015.04	69484	705.1	1.2822	
	46	51164.16	69845	580.6	0.8827	
	47	79046.4	70616	649.6	1.0239	
	48	60265.6	71036	566.6	0.9549	
2019	49				1.0651	76267.535
	50				1.2305	88806.2526
	51				0.6025	43826.3268
	52				1.0356	75915.7807
	53				1.0425	77006.3864
	54				0.8367	62282.5115
	55				1.1161	83712.3426
	56				1.2538	94751.352
	57				1.3540	103087.661
	58				0.7745	59406.0738
	59				1.0927	84431.9759
	60				0.8781	68349.4402

Indicadores de error							
Año	Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto
2019	Enero	80121.92	76267.535	3854.38503	3854.385027	14856283.9	4.8106%
	Febrero	92062.72	88806.2526	3256.46744	3256.467445	10604580.2	3.5372%
	Marzo	49497.28	43826.3268	5670.95317	5670.95317	32159709.9	11.4571%
	Abril	70937.28	75915.7807	-4978.50073	4978.50073	24785469.5	7.0182%
	Mayo	74829.12	77006.3864	-2177.26644	2177.266443	4740489.16	2.9097%
	Junio	57728.96	62282.5115	-4553.55155	4553.551546	20734831.7	7.8878%
	Julio	95683.52	83712.3426	11971.1774	11971.17745	143309089	12.5112%
	Agosto	107132.16	94751.352	12380.808	12380.80797	153284406	11.5566%
	Setiembre	103087.68	103087.661	0.01949934	0.019499336	0.00038022	0.0000%
	Octubre	52103.68	59406.0738	-7302.39379	7302.393786	53324955	14.0151%
	Noviembre	88843.84	84431.9759	4411.86408	4411.864082	19464544.7	4.9659%
	Diciembre	62180.16	68349.4402	-6169.2802	6169.280202	38060018.2	9.9216%
CFE =				16364.6819	MSE =	42943698.1	
MAD =				5560.5556	MAPE =	7.55%	

Anexo 28: Cálculo de los factores estacionales, Wafer Vainilla

Mes	2015	2016	2017	2018	Promedio mensual	Factor estacional
Enero	79352.4	80167.2	84130	88336.8	82996.60	1.025085993
Febrero	86338	95651.6	98992.4	101701.6	95670.90	1.181625507
Marzo	46736.8	46809.2	48019.2	49950	47878.80	0.591348167
Abril	80269.6	80128.4	83732.8	85770	82475.20	1.018646214
Mayo	84401.6	86342.8	89390	84353.6	86122.00	1.06368762
Junio	43978	45299.2	49764.4	77954	54248.90	0.670024887
Julio	84798.4	87142	91964.4	94338.8	89560.90	1.106161266
Agosto	91807.2	92520.8	79111.2	115266.8	94676.50	1.169343733
Setiembre	87896.4	99293.6	106966.4	120018.8	103543.80	1.27886322
Octubre	68348.8	76298.8	70845.2	63955.2	69862.00	0.862861342
Noviembre	85911.6	92044.4	80299.2	98808	89265.80	1.102516504
Diciembre	75540.8	69950.8	80314.8	75332	75284.60	0.929835547



Anexo 29: Cálculo de los factores estacionales, Wafer Fresa

Mes	2015	2016	2017	2018	Promedio mensual	Factor estacional
Enero	55546.68	56117.04	58891	61835.76	58097.62	1.025085993
Febrero	60436.6	66956.12	69294.68	71191.12	66969.63	1.181625507
Marzo	32715.76	32766.44	33613.44	34965	33515.16	0.591348167
Abril	56188.72	56089.88	58612.96	60039	57732.64	1.018646214
Mayo	59081.12	60439.96	62573	59047.52	60285.40	1.06368762
Junio	30784.6	31709.44	34835.08	54567.8	37974.23	0.670024887
Julio	59358.88	60999.4	64375.08	66037.16	62692.63	1.106161266
Agosto	64265.04	64764.56	55377.84	80686.76	66273.55	1.169343733
Setiembre	61527.48	69505.52	74876.48	84013.16	72480.66	1.27886322
Octubre	47844.16	53409.16	49591.64	44768.64	48903.40	0.862861342
Noviembre	60138.12	64431.08	56209.44	69165.6	62486.06	1.102516504
Diciembre	52878.56	48965.56	56220.36	52732.4	52699.22	0.929835547



Anexo 30: Cálculo de los factores estacionales, Wafer Chocolate

Mes	2015	2016	2017	2018	Promedio mensual	Factor estacional
Enero	63481.92	64133.76	67304	70669.44	66397.28	1.025085993
Febrero	69070.4	76521.28	79193.92	81361.28	76536.72	1.181625507
Marzo	37389.44	37447.36	38415.36	39960	38303.04	0.591348167
Abril	64215.68	64102.72	66986.24	68616	65980.16	1.018646214
Mayo	67521.28	69074.24	71512	67482.88	68897.60	1.06368762
Junio	35182.4	36239.36	39811.52	62363.2	43399.12	0.670024887
Julio	67838.72	69713.6	73571.52	75471.04	71648.72	1.106161266
Agosto	73445.76	74016.64	63288.96	92213.44	75741.20	1.169343733
Setiembre	70317.12	79434.88	85573.12	96015.04	82835.04	1.27886322
Octubre	54679.04	61039.04	56676.16	51164.16	55889.60	0.862861342
Noviembre	68729.28	73635.52	64239.36	79046.4	71412.64	1.102516504
Diciembre	60432.64	55960.64	64251.84	60265.6	60227.68	0.929835547



Anexo 31: Cálculo de los pronósticos con el método por descomposición con regresión por mínimos cuadrados Wafer Vainilla

Parámetros	
B₀	73860.951
B₁	289.982

Año	Periodo (t)	Demanda	Factor estacional	Demanda no estacional (Y _d)	t x Y _d
2015	1	79352.40	1.02508599	77410.48118	77410.48118
	2	86338.00	1.18162551	73067.14308	146134.2862
	3	46736.80	0.59134817	79034.31958	237102.9587
	4	80269.60	1.01864621	78800.27328	315201.0931
	5	84401.60	1.06368762	79348.10786	396740.5393
	6	43978.00	0.67002489	65636.36791	393818.2074
	7	84798.40	1.10616127	76660.06991	536620.4894
	8	91807.20	1.16934373	78511.73049	628093.8439
	9	87896.40	1.27886322	68730.10237	618570.9214
	10	68348.80	0.86286134	79211.79993	792117.9993
	11	85911.60	1.1025165	77923.18727	857155.0599
	12	75540.80	0.92983555	81241.03259	974892.3911
2016	13	80167.20	1.02508599	78205.34132	1016669.437
	14	95651.60	1.18162551	80949.16657	1133288.332
	15	46809.20	0.59134817	79156.75169	1187351.275
	16	80128.40	1.01864621	78661.65793	1258586.527
	17	86342.80	1.06368762	81173.07974	1379942.356
	18	45299.20	0.67002489	67608.23496	1216948.229
	19	87142.00	1.10616127	78778.74833	1496796.218
	20	92520.80	1.16934373	79121.98732	1582439.746
	21	99293.60	1.27886322	77642.07969	1630483.673
	22	76298.80	0.86286134	88425.33124	1945357.287
	23	92044.40	1.1025165	83485.73438	1920171.891
	24	69950.80	0.92983555	75229.21683	1805501.204
2017	25	84130.00	1.02508599	82071.16334	2051779.083
	26	98992.40	1.18162551	83776.45828	2178187.915
	27	48019.20	0.59134817	81202.92358	2192478.937
	28	83732.80	1.01864621	82200.07976	2301602.233
	29	89390.00	1.06368762	84037.83058	2437097.087
	30	49764.40	0.67002489	74272.46503	2228173.951
	31	91964.40	1.10616127	83138.32965	2577288.219
	32	79111.20	1.16934373	67654.35841	2164939.469
	33	106966.40	1.27886322	83641.78308	2760178.842
	34	70845.20	0.86286134	82104.96465	2791568.798
	35	80299.20	1.1025165	72832.65122	2549142.793
	36	80314.80	0.92983555	86375.27382	3109509.858
2018	37	88336.80	1.02508599	86175.01416	3188475.524
	38	101701.60	1.18162551	86069.23207	3270630.819
	39	49950.00	0.59134817	84468.00515	3294252.201
	40	85770.00	1.01864621	84199.98903	3367999.561
	41	84353.60	1.06368762	79302.98183	3251422.255

	42	77954.00	0.67002489	116344.9321	4886487.148
	43	94338.80	1.10616127	85284.85211	3667248.641
	44	115266.80	1.16934373	98573.92379	4337252.647
	45	120018.80	1.27886322	93848.03485	4223161.568
	46	63955.20	0.86286134	74119.90418	3409515.592
	47	98808.00	1.1025165	89620.42713	4212160.075
	48	75332.00	0.92983555	81016.47676	3888790.884

Año	Periodo (t)	Demanda real	Factor estacional	Demanda desec. Pronosticada	Demanda pronosticada
2019	49	100152.40	1.025086	88070.069	90279.39417
	50	115078.40	1.1816255	88360.051	104408.4901
	51	61871.60	0.5913482	88650.033	52423.0345
	52	88671.60	1.0186462	88940.015	90598.40951
	53	93536.40	1.0636876	89229.997	94912.84314
	54	72161.20	0.6700249	89519.979	59980.61383
	55	119604.40	1.1061613	89809.961	99344.30018
	56	133915.20	1.1693437	90099.943	105357.8037
	57	128859.60	1.2788632	90389.925	115596.3505
	58	65129.60	0.8628613	90679.907	78244.18626
	59	111054.80	1.1025165	90969.889	100295.804
	60	77725.20	0.9298355	91259.871	84856.67209

Periodo (t)	Demanda real	Demanda pronosticada	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto	
49	100152.4	90279.39	9873.005829	9873.0	97476244.1	0.098579823	
50	115078.4	104408.49	10669.90992	10669.9	113846977.8	0.092718616	
51	61871.6	52423.03	9448.565498	9448.6	89275389.96	0.15271248	
52	88671.6	90598.41	-1926.809509	1926.8	3712594.885	0.021729725	
53	93536.4	94912.84	-1376.443145	1376.4	1894595.731	0.014715588	
54	72161.2	59980.61	12180.58617	12180.6	148366679.5	0.16879689	
55	119604.4	99344.30	20260.09982	20260.1	410471644.8	0.169392596	
56	133915.2	105357.80	28557.39633	28557.4	815524884.9	0.21324985	
57	128859.6	115596.35	13263.2495	13263.2	175913787.4	0.102927911	
58	65129.6	78244.19	-13114.58626	13114.6	171992372.8	0.201361382	
59	111054.8	100295.80	10758.99602	10759.0	115755995.3	0.096880063	
60	77725.2	84856.67	-7131.472092	7131.5	50857894.2	0.09175238	
CFE =			91462.4981	MSE =	182924088.4		
				MAD =	11546.76001	MAPE =	11.87%

Anexo 32: Cálculo de los pronósticos con el método por descomposición con regresión por mínimos cuadrados Wafer Fresa

Parámetros	
B₀	51702.665
B₁	202.9871

Año	Periodo	Demanda	Factor estacional	Demanda no estacional (Y _d)	t x Y _d
2015	1	55546.68	1.02508599	54187.33683	54187.33683
	2	60436.60	1.18162551	51147.00016	102294.0003
	3	32715.76	0.59134817	55324.02371	165972.0711
	4	56188.72	1.01864621	55160.1913	220640.7652
	5	59081.12	1.06368762	55543.6755	277718.3775
	6	30784.60	0.67002489	45945.45754	275672.7452
	7	59358.88	1.10616127	53662.04894	375634.3426
	8	64265.04	1.16934373	54958.21134	439665.6907
	9	61527.48	1.27886322	48111.07166	432999.645
	10	47844.16	0.86286134	55448.25995	554482.5995
	11	60138.12	1.1025165	54546.23109	600008.5419
	12	52878.56	0.92983555	56868.72282	682424.6738
2016	13	56117.04	1.02508599	54743.73893	711668.606
	14	66956.12	1.18162551	56664.4166	793301.8324
	15	32766.44	0.59134817	55409.72618	831145.8927
	16	56089.88	1.01864621	55063.16055	881010.5688
	17	60439.96	1.06368762	56821.15582	965959.6489
	18	31709.44	0.67002489	47325.76447	851863.7605
	19	60999.40	1.10616127	55145.12383	1047757.353
	20	64764.56	1.16934373	55385.39112	1107707.822
	21	69505.52	1.27886322	54349.45578	1141338.571
	22	53409.16	0.86286134	61897.73187	1361750.101
	23	64431.08	1.1025165	58440.01407	1344120.324
	24	48965.56	0.92983555	52660.45178	1263850.843
2017	25	58891.00	1.02508599	57449.81434	1436245.358
	26	69294.68	1.18162551	58643.52079	1524731.541
	27	33613.44	0.59134817	56842.04651	1534735.256
	28	58612.96	1.01864621	57540.05583	1611121.563
	29	62573.00	1.06368762	58826.4814	1705967.961
	30	34835.08	0.67002489	51990.72552	1559721.766
	31	64375.08	1.10616127	58196.83076	1804101.753
	32	55377.84	1.16934373	47358.05088	1515457.628
	33	74876.48	1.27886322	58549.24816	1932125.189
	34	49591.64	0.86286134	57473.47526	1954098.159
	35	56209.44	1.1025165	50982.85586	1784399.955
	36	56220.36	0.92983555	60462.69167	2176656.9
2018	37	61835.76	1.02508599	60322.50991	2231932.867
	38	71191.12	1.18162551	60248.46245	2289441.573
	39	34965.00	0.59134817	59127.60361	2305976.541
	40	60039.00	1.01864621	58939.99232	2357599.693
	41	59047.52	1.06368762	55512.08728	2275995.578

	42	54567.80	0.67002489	81441.45247	3420541.004
	43	66037.16	1.10616127	59699.39648	2567074.049
	44	80686.76	1.16934373	69001.74665	3036076.853
	45	84013.16	1.27886322	65693.6244	2956213.098
	46	44768.64	0.86286134	51883.93292	2386660.914
	47	69165.60	1.1025165	62734.29899	2948512.053
	48	52732.40	0.92983555	56711.53373	2722153.619

Año	Periodo	Demanda real	Factor estacional	Demanda desec. Pronosticada	Demanda pronosticada
2019	49	70106.68	1.02508599	61649.0329	63195.56013
	50	80554.88	1.18162551	61852.02	73085.9245
	51	43310.12	0.59134817	62055.0071	36696.11469
	52	62070.12	1.01864621	62257.9942	63418.87005
	53	65475.48	1.06368762	62460.9813	66438.97254
	54	50512.84	0.67002489	62663.9684	41986.41836
	55	83723.08	1.10616127	62866.9555	69540.9911
	56	93740.64	1.16934373	63069.9426	73750.44211
	57	90201.72	1.27886322	63272.9297	80917.42258
	58	45590.72	0.86286134	63475.9168	54770.91477
	59	77738.36	1.1025165	63678.9039	70207.0425
	60	54407.64	0.92983555	63881.891	59399.65308

Periodo (t)	Demanda real	Demanda pronosticada	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto
49	70106.68	63195.56	6911.119867	6911.1	47763577.8	0.098580048
50	80554.88	73085.92	7468.955499	7469.0	55785296.2	0.092718846
51	43310.12	36696.11	6614.00531	6614.0	43745066.2	0.152712699
52	62070.12	63418.87	-1348.750053	1348.8	1819126.7	0.021729458
53	65475.48	66438.97	-963.4925441	963.5	928317.883	0.014715319
54	50512.84	41986.42	8526.421645	8526.4	72699866.1	0.168797115
55	83723.08	69540.99	14182.0889	14182.1	201131646	0.169392823
56	93740.64	73750.44	19990.19789	19990.2	399608012	0.213250068
57	90201.72	80917.42	9284.297415	9284.3	86198178.5	0.102928164
58	45590.72	54770.91	-9180.194766	9180.2	84275975.9	0.201361039
59	77738.36	70207.04	7531.317497	7531.3	56720743.2	0.096880324
60	54407.64	59399.65	-4992.013077	4992.0	24920194.6	0.09175206
		CFE =	64023.9536	MSE =	89633000	
			MAD =	8082.737872	MAPE =	11.87%

Anexo 33: Cálculo de los pronósticos con el método por descomposición con regresión por mínimos cuadrados Wafer Chocolate

Parámetros	
B₀	59088.761
B₁	231.985

Año	Periodo	Demanda	Factor estacional	Demanda no estacional (Y _d)	t x Y _d
2015	1	63481.92	1.02508599	61928.38494	61928.38494
	2	69070.40	1.18162551	58453.71446	116907.4289
	3	37389.44	0.59134817	63227.45567	189682.367
	4	64215.68	1.01864621	63040.21862	252160.8745
	5	67521.28	1.06368762	63478.48629	317392.4314
	6	35182.40	0.67002489	52509.09433	315054.566
	7	67838.72	1.10616127	61328.05593	429296.3915
	8	73445.76	1.16934373	62809.38439	502475.0751
	9	70317.12	1.27886322	54984.0819	494856.7371
	10	54679.04	0.86286134	63369.43994	633694.3994
	11	68729.28	1.1025165	62338.54981	685724.0479
	12	60432.64	0.92983555	64992.82607	779913.9129
2016	13	64133.76	1.02508599	62564.27306	813335.5498
	14	76521.28	1.18162551	64759.33325	906630.6656
	15	37447.36	0.59134817	63325.40135	949881.0202
	16	64102.72	1.01864621	62929.32634	1006869.222
	17	69074.24	1.06368762	64938.46379	1103953.884
	18	36239.36	0.67002489	54086.58797	973558.5834
	19	69713.60	1.10616127	63022.99866	1197436.975
	20	74016.64	1.16934373	63297.58986	1265951.797
	21	79434.88	1.27886322	62113.66375	1304386.939
	22	61039.04	0.86286134	70740.265	1556285.83
	23	73635.52	1.1025165	66788.58751	1536137.513
	24	55960.64	0.92983555	60183.37346	1444400.963
2017	25	67304.00	1.02508599	65656.93067	1641423.267
	26	79193.92	1.18162551	67021.16662	1742550.332
	27	38415.36	0.59134817	64962.33887	1753983.149
	28	66986.24	1.01864621	65760.06381	1841281.787
	29	71512.00	1.06368762	67230.26446	1949677.669
	30	39811.52	0.67002489	59417.97202	1782539.161
	31	73571.52	1.10616127	66510.66372	2061830.575
	32	63288.96	1.16934373	54123.48672	1731951.575
	33	85573.12	1.27886322	66913.42647	2208143.073
	34	56676.16	0.86286134	65683.97172	2233255.039
	35	64239.36	1.1025165	58266.12098	2039314.234
	36	64251.84	0.92983555	69100.21906	2487607.886
2018	37	70669.44	1.02508599	68940.01133	2550780.419
	38	81361.28	1.18162551	68855.38566	2616504.655
	39	39960.00	0.59134817	67574.40412	2635401.761
	40	68616.00	1.01864621	67359.99122	2694399.649
	41	67482.88	1.06368762	63442.38546	2601137.804

	42	62363.20	0.67002489	93075.94568	3909189.719
	43	75471.04	1.10616127	68227.88169	2933798.913
	44	92213.44	1.16934373	78859.13903	3469802.117
	45	96015.04	1.27886322	75078.42788	3378529.255
	46	51164.16	0.86286134	59295.92334	2727612.474
	47	79046.40	1.1025165	71696.3417	3369728.06
	48	60265.60	0.92983555	64813.1814	3111032.707

Año	Periodo (t)	Demanda real	Factor estacional	Demanda desec. Pronosticada	Demanda pronosticada
2019	49	80121.92	1.02508599	70456.026	72223.4854
	50	92062.72	1.18162551	70688.011	83526.75685
	51	49497.28	0.59134817	70919.996	41938.40962
	52	70937.28	1.01864621	71151.981	72478.69603
	53	74829.12	1.06368762	71383.966	75930.2409
	54	57728.96	0.67002489	71615.951	47984.46949
	55	95683.52	1.10616127	71847.936	79475.40386
	56	107132.16	1.16934373	72079.921	84286.20388
	57	103087.68	1.27886322	72311.906	92477.03692
	58	52103.68	0.86286134	72543.891	62595.31915
	59	88843.84	1.1025165	72775.876	80236.60438
	60	62180.16	0.92983555	73007.861	67885.30439

Periodo (t)	Demanda real	Demanda pronosticada	Error	Error	Error al cuadrado	Error porcentual medio absoluto
49	80121.92	72223.49	7898.434596	7898.4	62385269.1	0.098580196
50	92062.72	83526.76	8535.963152	8536.0	72862666.9	0.092718998
51	49497.28	41938.41	7558.870375	7558.9	57136521.3	0.152712844
52	70937.28	72478.70	-1541.416029	1541.4	2375963.38	0.02172928
53	74829.12	75930.24	-1101.120903	1101.1	1212467.24	0.014715139
54	57728.96	47984.47	9744.490514	9744.5	94955095.4	0.168797264
55	95683.52	79475.40	16208.11614	16208.1	262703029	0.169392975
56	107132.16	84286.20	22845.95612	22846.0	521937711	0.213250215
57	103087.68	92477.04	10610.64308	10610.6	112585747	0.102928333
58	52103.68	62595.32	-10491.63915	10491.6	110074492	0.201360809
59	88843.84	80236.60	8607.235621	8607.2	74084505	0.0968805
60	62180.16	67885.30	-5705.144386	5705.1	32548672.5	0.091751845
		CFE =	73170.3891	MSE =	117071845	
			MAD =	9237.419172	MAPE =	0.118734866

Anexo 34: Cálculo de los pronósticos con el método 1 para el 2020 de wafer vainilla

Alfa	0.017600375
Beta	0.553685362
Gamma	0.716487291

B0	71053.7808
B1	413.9386

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		71053.7808	413.9386		
2015	1	79352.4	71535	451.3	1.0539	
	2	86338	71978	446.9	1.2069	
	3	46736.8	72516	497.3	0.6023	
	4	80269.6	73098	543.8	1.0319	
	5	84401.6	73729	592.3	1.0736	
	6	43978	74180	514.3	0.6632	
	7	84798.4	74734	536.1	1.1022	
	8	91807.2	75341	575.4	1.1576	
	9	87896.4	75813	517.9	1.2554	
	10	68348.8	76401	557.0	0.8507	
	11	85911.6	77007	584.2	1.0773	
	12	75540.8	77695	641.4	0.9051	
2016	13	80167.2	78248	592.4	1.0936	
	14	95651.6	78854	599.9	1.2016	
	15	46809.2	79358	546.7	0.6325	
	16	80128.4	79805	491.5	1.0793	
	17	86342.8	80234	457.2	1.1246	
	18	45299.2	80572	391.3	0.6128	
	19	87142	80901	356.8	1.1255	
	20	92520.8	81184	315.5	1.2013	
	21	99293.6	81537	336.7	1.1866	
	22	76298.8	81955	381.7	0.8822	
	23	92044.4	82354	391.3	1.1048	
	24	69950.8	82581	300.0	0.9532	
2017	25	84130	82840	277.6	1.0441	
	26	98992.4	83095	265.0	1.2098	
	27	48019.2	83297	230.0	0.6020	
	28	83732.8	83494	211.8	1.0254	
	29	89390	83676	195.4	1.0899	
	30	49764.4	83915	219.2	0.5766	
	31	91964.4	84137	220.9	1.0908	
	32	79111.2	84076	65.0	1.1571	
	33	106966.4	84218	107.3	1.2089	
	34	70845.2	84201	38.3	0.9171	
	35	80299.2	84025	-80.1	1.1140	
	36	80314.8	84079	-5.9	0.8772	
2018	37	88336.8	84112	15.8	1.0237	
	38	101701.6	84143	24.2	1.1965	
	39	49950	84192	37.9	0.5837	
	40	85770	84243	45.3	1.0092	
	41	84353.6	84187	-11.0	1.0744	
	42	77954	85026	459.8	0.5884	
	43	94338.8	85501	468.3	1.0924	

	44	115266.8	86481	751.3	1.0022	
	45	120018.8	87383	834.9	1.2528	
	46	63955.2	87970	697.5	0.8629	
	47	98808	88845	795.8	1.0006	
	48	75332	89484	709.0	0.9331	
2019	49	100152.4	90296	766.1	1.0	
	50	115078.4	91140	809.1	1.2	
	51	61871.6	92174	934.0	0.6	
	52	88671.6	93006	877.5	1.0	
	53	93536.4	93842	854.1	1.0	
	54	72161.2	94571	785.0	0.8	
	55	119604.4	95591	915.1	1.1	
	56	133915.2	96709	1027.8	1.2	
	57	128859.6	97710	1013.0	1.3	
	58	65129.6	98483	880.0	0.8	
	59	111054.8	99423	913.3	1.1	
	60	77725.2	100147	808.4	0.9	
2020	61				1.0903	110073.527
	62				1.2464	125829.118
	63				0.6484	65456.877
	64				0.9710	98031.1513
	65				1.0041	101364.889
	66				0.7802	78769.3884
	67				1.2084	121996.354
	68				1.3434	135627.867
	69				1.3246	133725.196
	70				0.6909	69747.1835
	71				1.1066	111722.11
	72				0.8021	80974.7447

Anexo 35: Cálculo de los pronósticos con el método 1 para el 2020 de wafer fresa

Alfa	0.044802756
Beta	0.156220854
Gamma	1

B0	49737.6465
B1	289.757

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		49737.6465	289.757		
2015	1	55546.68	50147	308.5	1.0539	
	2	60436.6	50439	305.9	1.2069	
	3	32715.76	50905	330.9	0.6023	
	4	56188.72	51380	353.4	1.0319	
	5	59081.12	51881	376.5	1.0736	
	6	30784.6	51996	335.6	0.6632	
	7	59358.88	52400	346.3	1.1022	
	8	64265.04	52870	365.6	1.1576	
	9	61527.48	53046	336.1	1.2554	
	10	47844.16	53510	356.1	0.8507	
	11	60138.12	53954	369.8	1.0773	
	12	52878.56	54508	398.5	0.9051	
2016	13	56117.04	54716	368.8	1.1077	
	14	66956.12	55120	374.3	1.1982	
	15	32766.44	55293	342.8	0.6427	
	16	56089.88	55441	312.3	1.0936	
	17	60439.96	55633	293.6	1.1388	
	18	31709.44	55821	277.0	0.5921	
	19	60999.4	55997	261.3	1.1328	
	20	64764.56	56125	240.4	1.2155	
	21	69505.52	56525	265.3	1.1599	
	22	53409.16	56922	286.0	0.8941	
	23	64431.08	57235	290.1	1.1146	
	24	48965.56	57209	240.8	0.9701	
2017	25	58891	57448	240.6	1.0256	
	26	69294.68	57660	236.1	1.2147	
	27	33613.44	57844	227.9	0.5926	
	28	58612.96	58065	226.9	1.0117	
	29	62573	58261	222.0	1.0864	
	30	34835.08	58610	241.9	0.5681	
	31	64375.08	58863	243.6	1.0893	
	32	55377.84	58609	165.8	1.1539	
	33	74876.48	58869	180.6	1.2297	
	34	49591.64	58772	137.3	0.9383	
	35	56209.44	58507	74.4	1.1257	
	36	56220.36	58900	124.1	0.8559	
2018	37	61835.76	59082	133.2	1.0251	
	38	71191.12	59217	133.4	1.2018	
	39	34965	59387	139.1	0.5811	
	40	60039	59524	138.8	1.0094	
	41	59047.52	59453	106.0	1.0740	
	42	54567.8	61004	331.7	0.5944	
	43	66037.16	61293	325.1	1.0936	

	44	80686.76	62683	491.5	0.9449	
	45	84013.16	63303	511.6	1.2719	
	46	44768.64	63333	436.3	0.8438	
	47	69165.6	64138	493.9	0.9607	
	48	52732.4	64211	428.2	0.9545	
2019	49	70106.68	64744	444.6	1.0466	
	50	80554.88	65270	457.3	1.2022	
	51	43310.12	66079	512.1	0.5888	
	52	62070.12	66364	476.8	1.0087	
	53	65475.48	66800	470.4	0.9932	
	54	50512.84	66787	394.8	0.8945	
	55	83723.08	67653	468.4	1.0774	
	56	93740.64	68332	501.4	1.2872	
	57	90201.72	68795	495.3	1.3272	
	58	45590.72	69075	461.7	0.7069	
	59	77738.36	69651	479.6	1.0784	
	60	54407.64	69957	452.4	0.8212	
2020	61				1.0828	76240.7882
	62				1.2342	86897.2149
	63				0.6554	46148.5939
	64				0.9353	65853.3311
	65				0.9802	69013.1476
	66				0.7563	53252.8434
	67				1.2375	87134.1867
	68				1.3718	96590.2649
	69				1.3112	92318.8954
	70				0.6600	46471.3197
	71				1.1161	78584.5982
	72				0.7777	54759.5125

Anexo 36: Cálculo de los pronósticos con el método 1 para el 2020 de wafer chocolate

Alfa	0.041011143
Beta	0.163093811
Gamma	1

B0	56843.0246
B1	331.1508

Año	Periodo	Demanda	L	T	S	Ft
	0		56843.0246	331.1508		
2015	1	63481.92	57300	351.6	1.0539	
	2	69070.4	57634	348.8	1.2069	
	3	37389.44	58151	376.2	0.6023	
	4	64215.68	58679	401.0	1.0319	
	5	67521.28	59236	426.5	1.0736	
	6	35182.4	59392	382.3	0.6632	
	7	67838.72	59847	394.1	1.1022	
	8	73445.76	60372	415.6	1.1576	
	9	70317.12	60592	383.6	1.2554	
	10	54679.04	61111	405.7	0.8507	
	11	68729.28	61610	420.9	1.0773	
	12	60432.64	62225	452.7	0.9051	
2016	13	64133.76	62482	420.6	1.1079	
	14	76521.28	62941	427.0	1.1984	
	15	37447.36	63158	392.7	0.6430	
	16	64102.72	63347	359.4	1.0944	
	17	69074.24	63578	338.6	1.1399	
	18	36239.36	63805	320.3	0.5924	
	19	69713.6	64017	302.7	1.1335	
	20	74016.64	64177	279.5	1.2165	
	21	79434.88	64621	306.2	1.1605	
	22	61039.04	65062	328.2	0.8948	
	23	73635.52	65415	332.3	1.1156	
	24	55960.64	65414	278.0	0.9712	
2017	25	67304	65687	277.1	1.0264	
	26	79193.92	65931	271.6	1.2158	
	27	38415.36	66144	262.2	0.5929	
	28	66986.24	66398	260.8	1.0119	
	29	71512	66624	255.2	1.0864	
	30	39811.52	67011	276.7	0.5680	
	31	73571.52	67299	278.5	1.0890	
	32	63288.96	67057	193.5	1.1533	
	33	85573.12	67347	209.3	1.2293	
	34	56676.16	67264	161.6	0.9382	
	35	64239.36	67000	92.3	1.1257	
	36	64251.84	67421	145.9	0.8555	
2018	37	70669.44	67625	155.3	1.0246	
	38	81361.28	67778	155.0	1.2012	
	39	39960	67969	160.8	0.5808	
	40	68616	68125	160.0	1.0089	
	41	67482.88	68063	123.8	1.0734	
	42	62363.2	69695	369.8	0.5941	
	43	75471.04	70023	363.0	1.0932	

	44	92213.44	71506	545.7	0.9438	
	45	96015.04	72196	569.2	1.2706	
	46	51164.16	72271	488.6	0.8426	
	47	79046.4	73157	553.4	0.9588	
	48	60265.6	73281	483.4	0.9530	
2019	49	80121.92	73883	502.8	1.0450	
	50	92062.72	74481	518.2	1.2004	
	51	49497.28	75376	579.7	0.5879	
	52	70937.28	75729	542.7	1.0072	
	53	74829.12	76239	537.4	0.9915	
	54	57728.96	76274	455.4	0.8948	
	55	95683.52	77223	536.0	1.0778	
	56	107132.16	77977	571.5	1.2896	
	57	103087.68	78506	564.6	1.3299	
	58	52103.68	78846	528.0	0.7079	
	59	88843.84	79491	547.1	1.0805	
	60	62180.16	79857	517.4	0.8224	
2020	49				1.0844	87160.5813
	50				1.2361	99347.0873
	51				0.6567	52779.3397
	52				0.9367	75288.3236
	53				0.9815	78887.6585
	54				0.7569	60832.4357
	55				1.2391	99587.7377
	56				1.3739	110425.379
	57				1.3131	105540.455
	58				0.6608	53113.2456
	59				1.1177	89830.5596
	60				0.7786	62583.0603



Anexo 37: Datos para la clasificación ABC multicriterio

Nº	Texto largo	Unidad básica (UB)	Costo	Demanda anual en UB	Demanda valorizada	Lead time (semanas)	Desviación de consumo (%)
1	COLORANTE AMARILLO	litros	S/. 16.05	102.790	S/ 1,649.78	4	0.3614
2	COLORANTE ROJO	litros	S/. 44.25	133.555	S/ 5,909.79	4	0.1224
3	BICARBONATO DE AMONIO	kilogramos	S/. 1.46	1583.033	S/ 2,311.23	2	0.4144
4	ALMIDON MAÍZ	kilogramos	S/. 1.63	210983.842	S/ 343,903.66	2	0.9797
5	HARINA	kilogramos	S/. 1.21	994123.155	S/ 1,206,159.68	1	0.9901
6	SAL FINAL	kilogramos	S/. 0.59	6898.779	S/ 4,070.28	4	0.7612
7	ACEITE VEGETAL	litros	S/. 3.64	7893.730	S/ 28,733.18	1	0.1929
8	LECITINA DE SOYA	litros	S/. 3.09	9225.967	S/ 28,508.24	2	0.8598
9	AZUCAR BLANCA DOMÉSTICA	kilogramos	S/. 1.60	1081163.924	S/ 1,729,862.28	1	0.8411
10	MANTECA CREMAS	kilogramos	S/. 3.63	761393.957	S/ 2,763,860.06	1	0.2508
11	LICOR CACAO EN TROZOS	litros	S/. 10.62	5694.244	S/ 60,472.87	2	0.5032
12	CACAO EN POLVO	kilogramos	S/. 5.64	34166.441	S/ 192,698.73	4	0.8993
13	PERMEATO DE SUERO	kilogramos	S/. 3.13	32332.092	S/ 101,199.45	2	0.9176
14	SABORIZANTE DE CHOCOLATE	litros	S/. 44.47	826.143	S/ 36,738.60	4	0.8488
15	BICARBONATO DE SODIO	kilogramos	S/. 1.35	3933.886	S/ 5,310.75	2	0.9820
16	SABORIZANTE DE VAINILLA	litros	S/. 42.03	90.710	S/ 3,812.54	4	0.4679
17	SABORIZANTE DE VAINILLA CREMOS	litros	S/. 35.92	830.023	S/ 29,814.44	4	0.4742
18	SABORIZANTE DULCE DE LECHE	litros	S/. 34.55	181.298	S/ 6,263.84	4	0.6175
19	SABORIZANTE DE RON	litros	S/. 37.29	90.032	S/ 3,357.30	4	0.9242
20	DEXTROSA	kilogramos	S/. 2.18	53829.910	S/ 117,349.20	2	0.6963
21	AROMA DE FRESA	litros	S/. 70.50	1076.820	S/ 75,915.81	4	0.0833
22	ÁCIDO CÍTRICO	kilogramos	S/. 3.67	430.899	S/ 1,581.40	4	0.0445
23	LÁMINA UNITARIA VAINILLA	bobina	S/. 14.80	953.000	S/ 14,104.40	4	0.8124
24	LÁMINA UNITARIA FRESA	bobina	S/. 14.80	658.000	S/ 9,738.40	4	0.8711
25	LÁMINA UNITARIA CHOCOLATE	bobina	S/. 14.80	752.000	S/ 11,129.60	4	0.1563
26	LÁMINA PACK VAINILLA	bobina	S/. 16.12	697.000	S/ 11,235.64	4	0.2847
27	LÁMINA PACK FRESA	bobina	S/. 16.12	481.000	S/ 7,753.72	4	0.7337

28	LÁMINA PACK CHOCOLATE	bobina	S/ 16.12	550.000	S/ 8,866.00	4	0.3992
29	CAJAS	cajas	S/ 0.52	1466473	S/ 762,565.96	1	0.9892

Fuente: La empresa



Anexo 38: Unidades básicas de medida de materias primas e insumos

N°	Material	Unidad básica
1	MANTECA CREMAS	Cajas de 10kg
2	AZÚCAR BLANCA	Sacos de 25 kg
3	HARINA	Sacos de 50 kg
4	ALMIDÓN MAÍZ	Kilogramos
5	CACAO EN POLVO	Kilogramos
6	DEXTROSA	Kilogramos
7	PERMEATO	Kilogramos
8	AROMA FRESA DULCE	Litro
9	LICOR DE CACAO	Litro
10	SABORIZANTE CHOCOLATE	Litro
11	SABORIZANTE VAINILLA	Litro
12	ACEITE VEGETAL	Bidones de 25L
13	LECITINA DE SOYA	Litro
14	SABORIZANTE DULCE LECHE	Litro
15	BICARBONATO SODIO	Kilogramos
16	COLORANTE ROJO	Litro
17	SAL FINA	Sacos de 25kg
18	SABORIZANTE RON	Litro
19	BICARBONATO DE AMONIO	Kilogramos
20	COLORANTE AMARILLO	Litro
21	ACIDO CITRICO	Kilo
22	LÁMINA UNITARIA WAFER VAINILLA	Bobina
23	LÁMINA UNITARIA WAFER FRESA	Bobina
24	LÁMINA UNITARIA WAFER CHOCOLATE	Bobina
25	LÁMINA PACK WAFER CHOCOLATE	Bobina
26	LÁMINA PACK WAFER FRESA	Bobina
27	LÁMINA PACK WAFER VAINILLA	Bobina
28	CAJAS	Lotes de 500 cajas

Fuente: La empresa

Anexo 39: Formulación matemática para determinar los tamaños de lote

$$\text{Min } z = \sum_{t=1}^T C_{Or} * Z_t + \sum_{t=1}^T C_{Mant} * I_t$$

Sujeto a:

$$I_0 = 0$$

$$Q_t - D_t + I_{t-1} = 0 \quad \forall t \in T$$

$$M * Z_t - Q_t \geq 0 \quad \forall t \in T$$

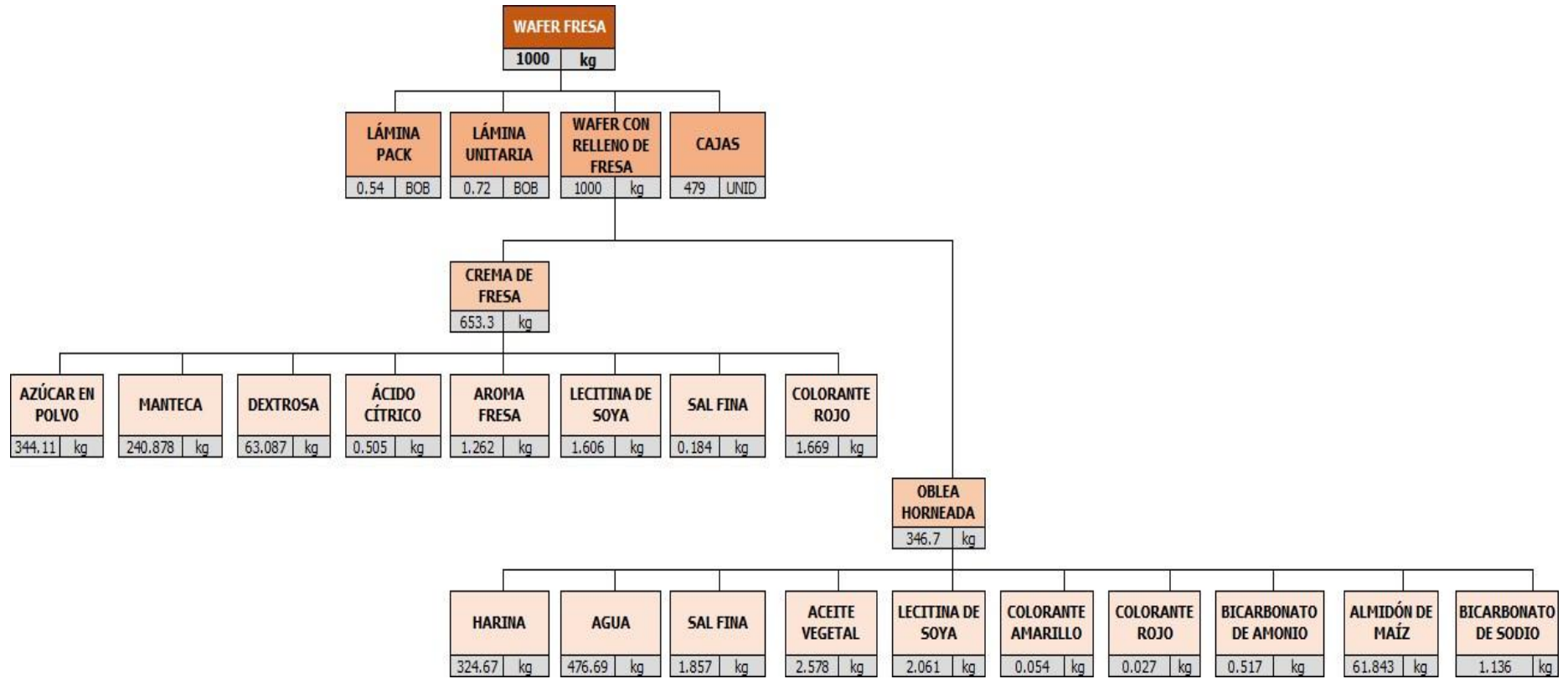
$$I_t, Q_t \geq 0 \quad \forall t \in T$$

$$Z_t = \{0,1\} \quad \forall t \in T$$

Donde:

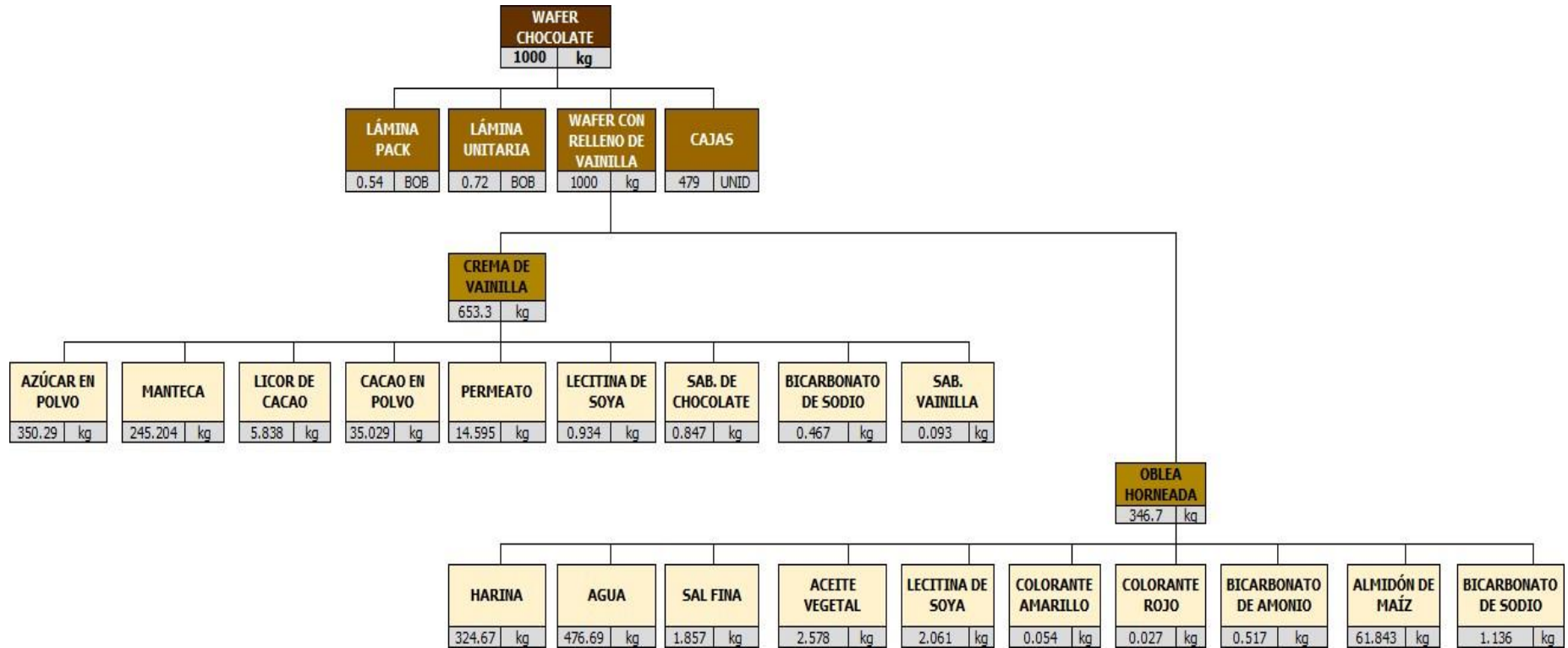
- I_t = Inventario al final del periodo "t"
- C_{Or} = Costo de ordenar
- C_{Mant} = Costo de mantener inventario
- $Z_t = 1$ si se decide comprar en el periodo "t"
- Q_t = Cantidad a ordenar en el periodo "t"
- D_t = Demanda en el periodo "t"

Anexo 40: Lista de materiales para wafer fresa



Fuente: La empresa

Anexo 41: Lista de materiales para wafer chocolate



Fuente: La empresa

Anexo 42: Desarrollo del plan de requerimiento de materiales (MRP) para el 2020

Políticas de inventario	Producto /Materia prima	Descripción	DICIE MBRE	ENER O	FEB RER O	MA RZO	ABR IL	MA YO	JUN IO	JULI O	AGO STO	SETIE MBRE	OCT UBR E	NOVIE MBRE	DICIE MBRE	
Inventario Inicial	0	WAFER NIK VAINILLA	Necesidades brutas	0	54820	62664	32600	48825	50484	39228	60760	67544	66600	34740	55648	40330
SS	1100		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	0	2100	2400	1248	1875	1936	1500	2330	2588	2555	1336	2140	1545
Lead time			Entradas de pedidos planificados	0	54820	62664	32600	48825	50484	39228	60760	67544	66600	34740	55648	40330
			Expedición de pedidos planificados	0	54820	62664	32600	48825	50484	39228	60760	67544	66600	34740	55648	40330
Inventario Inicial	0	WAFER NIK FRESA	Necesidades brutas	0	37970	43276	22984	32800	34372	26524	43395	48104	45980	23148	39140	27275
SS	880		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	0	1455	1656	880	1260	1316	1016	1660	1844	1765	888	1500	1045
Lead time			Entradas de pedidos planificados	0	37970	43276	22984	32800	34372	26524	43395	48104	45980	23148	39140	27275
			Expedición de pedidos planificados	0	37970	43276	22984	32800	34372	26524	43395	48104	45980	23148	39140	27275
Inventario Inicial	0	WAFER NIK CHOCOLATE	Necesidades brutas	0	43410	49476	26288	37495	39288	30296	49600	54996	52560	26456	44744	31170
SS	1000		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	0	1665	1892	1008	1435	1504	1160	1900	2108	2010	1016	1720	1195

Lead time	0		Entradas de pedidos planificados	0	51794.51	59032.38	31352.25	44742.17	46886.52	36181.13	59194.70	65618.20	62720.88	31575.96	53390.50	37205.57
			Expedición de pedidos planificados	0	51794.51	59032.38	31352.25	44742.17	46886.52	36181.13	59194.70	65618.20	62720.88	31575.96	53390.50	37205.57
Inventario Inicial	0	CREMA CHOCOLATE	Necesidades brutas	0	59215.16	67489.74	35859.21	51146.57	53592.38	41326.48	67658.88	75019.52	71696.59	36088.38	61034.86	42518.70
SS	0		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lead time	0		Entradas de pedidos planificados	0	59215.1643	67489.74	35859.21	51146.57	53592.38	41326.48	67658.88	75019.52	71696.59	36088.38	61034.86	42518.70
			Expedición de pedidos planificados	0	59215.1643	67489.74	35859.21	51146.57	53592.38	41326.48	67658.88	75019.52	71696.59	36088.38	61034.86	42518.70
Inventario Inicial	0		LÁMINA UNITARIA	Necesidades brutas	0	215	244	128	185	192	152	240	264	260	132	216
SS	0	Entradas programadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (bobinas)	1000	Saldo disponible proyectado		0	4355	2530	1844	1510	1432	3764	3700	1916	1120	1150	3412	3395
Lead time	4	Entradas de pedidos planificados		0	1000	0	0	0	1000	0	0	0	0	1000	0	0
		Expedición de pedidos planificados		1000	0	0	0	1000	0	0	0	0	1000	0	0	0
Inventario Inicial	0	LÁMINA PACK	Necesidades brutas	0	155	176	96	135	140	112	175	196	190	96	160	115
SS	0		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (bobinas)	1000		Saldo disponible proyectado	0	4535	2940	2436	2460	1402	912	1405	3554	3505	2260	1716	1500

Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	1000	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	
			Expedición de pedidos planificados	1000	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	CAJAS	Necesidades brutas	0	275	312	164	240	252	196	310	344	335	172	280	200
SS	102		Entradas programadas	0	10	26	42	75	78	94	140	130	185	156	156	195
Lote (1 lote = 500 cajas)	1470		Saldo disponible proyectado	0	6525	4000	3122	2875	1286	3358	6575	3904	3230	1618	3600	7050
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	1470	0	0	0	0	1470	0	0	0	0	1470	0
			Expedición de pedidos planificados	1470	0	0	0	0	0	1470	0	0	0	0	0	1470
Inventario Inicial	0	HARINA	Necesidades brutas	0	1776	2027	1068	1554	1619	1253	2005	2225	2154	1100	1820	1288
SS (sacos de 50 kg)	138		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 50kg)	5500		Saldo disponible proyectado	0	22166	9827	4118	25981	14251	8690	13500	15228	8401	17026	16326	13128
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	5500	0	0	5500	0	0	5500	0	0	5500	0	0
			Expedición de pedidos planificados	5500	0	0	5500	0	0	0	5500	0	0	5500	0	0
Inventario Inicial	0	MANTEC A	Necesidades brutas	0	6801	7761	4087	5950	6200	4798	7674	8518	8246	4213	6965	4933
SS (cajas de 10kg)	173		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	26	55

Lote (cajas de 10kg)	Múltiplos de 1000		Saldo disponible proyectado	0	14595	13392	11533	13905	10104	16807	16991	17619	21315	25326	17594	14133	
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	7000	8000	5000	5000	6000	7000	7000	8000	8000	8000	8000	8000	0
			Expedición de pedidos planificados	7000	8000	5000	5000	6000	7000	0	15000	8000	8000	0	8000	0	
Inventario Inicial	0	AZÚCAR BLANCA DOMÉSTICA	Necesidades brutas	0	3865	4408	2324	3385	3524	2728	4360	4840	4685	2396	3956	2805	
SS (sacos de 25kg)	81		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 25kg)	8500		Saldo disponible proyectado	0	30905	7520	29098	21860	11762	25156	13250	25524	17275	27534	14050	27230	
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	8500	0	8500	0	8500	0	0	8500	8500	0	0	8500	
			Expedición de pedidos planificados	8500	0	8500	0	0	8500	0	8500	0	8500	0	0	8500	
Inventario Inicial	0	ACEITE VEGETAL	Necesidades brutas	0	30	36	20	25	28	20	35	36	35	20	32	25	
SS (botellas de 25L)	40		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (botellas de 25L)	200		Saldo disponible proyectado	0	910	590	486	495	286	194	1100	734	745	490	380	340	
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	200	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	200	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	SAL FINA	Necesidades brutas	0	25	32	16	25	24	20	30	32	30	16	28	20	

SS (sacos de 25kg)	28		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 25kg)	200		Saldo disponible proyectado	0	925	620	532	560	348	262	400	832	890	624	530	550
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	200	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	200	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	ALMIDÓN DE MAÍZ	Necesidades brutas	0	18845	21504	9528	16485	17180	13292	21275	23612	22850	11672	19304	13670
SS	81		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	0	38090	32572	21800	42335	33246	27402	51860	42850	54980	24932	36380	36620
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	18925	21503	11326	16481	17176	13289	21271	23608	22848	11672	19304	13670
			Expedición de pedidos planificados	18925	21503	11326	16481	17176	13289	21271	23608	22848	11672	19304	13670	0
Inventario Inicial	0	LECITINA DE SOYA	Necesidades brutas	0	825	944	496	720	752	584	935	1036	1000	512	848	600
SS	107		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	2000		Saldo disponible proyectado	0	7525	2340	5684	6515	2180	5592	5590	4386	5540	1552	6664	4940
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	2000	0	2000	0	0	2000	0	2000	0	0	2000	0
			Expedición de pedidos planificados	2000	0	2000	0	0	2000	0	0	2000	0	2000	0	0
Inventario Inicial	0		Necesidades brutas	0	355	404	212	310	324	248	400	444	430	220	364	255

SS	58	BICARBO NATO DE SODIO	Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	26	55
Lote	2000		Saldo disponible proyectado	0	8935	5570	4434	4215	2066	960	7535	5878	5225	2942	1702	680
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	2000	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	2000	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	PERMEA TO	Necesidades brutas	0	2890	3300	1732	2540	2640	2044	3245	3604	3505	1800	2952	2105
SS	152		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	6500		Saldo disponible proyectado	0	23830	6190	2291 0	1777 0	1005 2	2048 2	1203 5	1492 6	9510	2350 0	13420	4925
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	6500	0	6500	0	6500	0	0	6500	0	6500	0	0
			Expedición de pedidos planificados	6500	0	6500	0	0	6500	0	6500	0	6500	0	0	0
Inventario Inicial	0	SABORIZ ANTE VAINILL A	Necesidades brutas	0	10	12	8	10	8	8	10	12	10	6	10	7
SS	181		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote único	272		Saldo disponible proyectado	0	1330	1018	980	1180	908	876	1050	794	940	719	685	816
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	SABORIZ ANTE	Necesidades brutas	0	20	20	12	15	16	12	20	20	20	12	20	15

SS	4	DULCE LECHE	Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	100		Saldo disponible proyectado	0	440	270	210	195	92	38	465	290	265	150	82	220
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
			Expedición de pedidos planificados	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0
Inventario Inicial	0	SABORIZ ANTE RON	Necesidades brutas	0	10	12	8	10	8	8	10	12	10	8	12	10
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	50		Saldo disponible proyectado	0	220	130	92	70	70	188	190	106	80	28	186	180
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	50	0
			Expedición de pedidos planificados	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	50	0	0
Inventario Inicial	0	COLORA NTE AMARILL O TARTRAZ I	Necesidades brutas	0	10	12	8	10	12	8	15	12	15	8	12	10
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	60		Saldo disponible proyectado	0	270	170	132	120	50	132	255	150	120	52	130	260
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0
			Expedición de pedidos planificados	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	0	0
Inventario Inicial	0		Necesidades brutas	0	15	16	8	15	12	12	15	16	15	8	16	10

SS	4	COLORANTE ROJO	Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	70		Saldo disponible proyectado	0	305	180	136	110	34	266	265	148	110	44	202	280
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	70	0	0	0	0	70	0	0	0	0	70	0
			Expedición de pedidos planificados	70	0	0	0	0	70	0	0	0	0	70	0	0
Inventario Inicial	0	BICARBONATO DE AMONIO	Necesidades brutas	0	145	164	88	125	132	100	160	180	175	88	148	105
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	700		Saldo disponible proyectado	0	3065	1810	1344	1140	382	2034	2750	1494	1005	304	1902	2660
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	700	0	0	0	0	700	0	0	0	0	700	0
		Expedición de pedidos planificados	700	0	0	0	0	700	0	0	0	0	700	0	0	
Inventario Inicial	0	DEXTROSA	Necesidades brutas	0	100	112	60	85	88	68	110	124	120	48	80	70
SS	50		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 50kg)	400		Saldo disponible proyectado	0	1700	920	602	785	1552	1250	1105	398	1905	1212	940	815
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	400	0	0	400	0	0	0	0	400	0	0	0
		Expedición de pedidos planificados	400	0	0	0	400	0	0	0	400	0	0	0	0	
Inventario Inicial	0	ÁCIDO CÍTRICO	Necesidades brutas	0	40	44	24	35	36	28	45	52	50	24	40	30

SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	220		Saldo disponible proyectado	0	980	610	484	455	218	94	810	622	530	284	148	460
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	220	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	220
			Expedición de pedidos planificados	220	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	220	0
Inventario Inicial	0	AROMA DULCE FRESA	Necesidades brutas	0	100	112	60	85	88	68	110	124	120	60	100	70
SS	93		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	600		Saldo disponible proyectado	0	2700	1720	1402	1385	752	1050	3105	1998	1905	1182	842	655
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	600	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	600	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	LICOR DE CACAO	Necesidades brutas	0	510	580	312	440	464	356	585	648	620	312	528	370
SS	17		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	2860		Saldo disponible proyectado	0	12770	7950	6300	5970	2912	1326	10675	8272	7265	4040	2252	3575
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	2860	0	0	0	0	0	2860	0	0	0	0	2860
			Expedición de pedidos planificados	2860	0	0	0	0	0	2860	0	0	0	0	0	2860
Inventario Inicial	0		Necesidades brutas	0	3055	3484	1852	2640	2764	2132	3490	3872	3700	1864	3148	2195

SS	238	CACAO EN POLVO	Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	Múltiplos de 500		Saldo disponible proyectado	0	25835	7070	25214	20125	12466	25490	28835	10092	14255	4824	14158	5210
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	7000	0	7000	0	7500	0	2860	0	5000	0	5000	0
			Expedición de pedidos planificados	7000	0	7000	0	0	7500	2860	0	5000	0	5000	0	5000
Inventario Inicial	0	SABORIZ ANTE DE CHOCOL ATE	Necesidades brutas	0	75	88	48	65	68	52	85	96	90	48	80	55
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	300		Saldo disponible proyectado	0	1275	680	428	550	1126	894	765	536	1345	812	540	360
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	300	0	0	300	0	0	0	300	0	0	0	0
		Expedición de pedidos planificados	300	0	0	0	300	0	0	300	0	0	0	0	0	
Inventario Inicial	0	SABORIZ ANTE VAINILLA CREMOS	Necesidades brutas	0	75	88	48	70	72	56	85	92	90	48	76	55
SS	0		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	225		Saldo disponible proyectado	0	900	380	128	985	496	248	850	494	400	776	514	335
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	225	0	0	225	0	0	225	0	225	0	0	0
		Expedición de pedidos planificados	225	0	0	225	0	0	225	0	0	225	0	0	0	

Lote (cajas de 10kg)	Múltiplos de 1000		Saldo disponible proyectado	858	6323	4788	3253	1718	7588	5458	3328	1198	7548	5898	4248	2598	948
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	7000	0	0	0	8000	0	0	0	8000	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	7000	0	0	0	8000	0	0	0	8000	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	AZÚCAR BLANCA DOMÉSTICA	Necesidades brutas	872	872	872	872	872	1210	1210	1210	1210	937	937	937	937	937
SS (sacos de 25kg)	81		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 25kg)	8500		Saldo disponible proyectado	4394	3522	2650	1778	906	8196	6986	5776	4566	3629	2692	1755	818	8381
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	8500	0	0	0	0	0	0	0	8500
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	8500	0	0	0	0	0	0	0	8500	0
Inventario Inicial	0	ACEITE VEGETAL	Necesidades brutas	7	7	7	7	7	9	9	9	9	7	7	7	7	7
SS (botellas de 25L)	40		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (botellas de 25L)	200		Saldo disponible proyectado	234	227	220	213	206	197	188	179	170	163	156	149	142	135
Lead time	1		Entradas de pedidos planificados	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	SAL FINA	Necesidades brutas	6	6	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6	6	6
SS (sacos de 25kg)	28		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote (sacos de 25kg)	200		Saldo disponible proyectado	52	46	40	34	228	220	212	204	196	190	184	178	172	166
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	ALMIDÓN DE MAÍZ	Necesidades brutas	4255	4255	4255	4255	4255	5903	5903	5903	5903	4570	4570	4570	4570	4570

SS	81		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	LxL		Saldo disponible proyectado	1888 2	1462 7	1037 2	6117	1862	1956 7	1366 4	7761	1858	2013 6	1556 6	1099 6	6426	1856
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	2127 1	0	0	0	0	2360 8	0	0	0	2284 8	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	2360 8	0	0	0	2284 8	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	LECITINA DE SOYA	Necesidades brutas	187	187	187	187	187	259	259	259	259	200	200	200	200	200
SS	107		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	2000		Saldo disponible proyectado	1492	1305	1118	931	744	485	226	1967	1708	1508	1308	1108	908	708
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	BICARBONATO DE SODIO	Necesidades brutas	80	80	80	80	80	111	111	111	111	86	86	86	86	86
SS	58		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	2000		Saldo disponible proyectado	67	1987	1907	1827	1747	1636	1525	1414	1303	1217	1131	1045	959	873
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	PERMEATO	Necesidades brutas	649	649	649	649	649	901	901	901	901	701	701	701	701	701
SS	152		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	6500		Saldo disponible proyectado	3705	3056	2407	1758	1109	208	5807	4906	4005	3304	2603	1902	1201	500
Lead time	2		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	6500	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	6500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0		Necesidades brutas	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2

SS	181	SABORIZANTE VAINILLA	Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote único	272		Saldo disponible proyectado	214	212	210	208	206	203	200	197	194	192	190	188	186	184
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	SABORIZANTE DULCE LECHE	Necesidades brutas	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	100		Saldo disponible proyectado	101	97	93	89	85	80	75	70	65	61	57	53	49	45
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	SABORIZANTE RON	Necesidades brutas	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	50		Saldo disponible proyectado	42	40	38	36	34	31	28	25	22	20	18	16	14	12
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	COLORANTE AMARILLO TARTRAZI	Necesidades brutas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	60		Saldo disponible proyectado	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	COLORANTE ROJO	Necesidades brutas	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	

SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	70		Saldo disponible proyectado	59	56	53	50	47	43	39	35	31	28	25	22	19	16
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	BICARBONATO DE AMONIO	Necesidades brutas	32	32	32	32	32	45	45	45	45	35	35	35	35	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	700		Saldo disponible proyectado	614	582	550	518	486	441	396	351	306	271	236	201	166	131
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	DEXTROSA	Necesidades brutas	22	22	22	22	22	31	31	31	31	24	24	24	24	
SS	50		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote (sacos de 50kg)	400		Saldo disponible proyectado	265	243	221	199	177	146	115	84	53	429	405	381	357	333
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0	ÁCIDO CÍTRICO	Necesidades brutas	9	9	9	9	9	13	13	13	13	10	10	10	10	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lote	220		Saldo disponible proyectado	4	215	206	197	188	175	162	149	136	126	116	106	96	86
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario Inicial	0		Necesidades brutas	22	22	22	22	22	31	31	31	31	24	24	24	24	

Inventario Inicial	0	SABORIZA NTE VAINILLA CREMOS	Necesidades brutas	17	17	17	17	17	23	23	23	23	18	18	18	18	18	
SS	4		Entradas programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lote	225		Saldo disponible proyectado	24	232	215	198	181	158	135	112	89	71	53	35	17	224	
Lead time	4		Entradas de pedidos planificados	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	
			Expedición de pedidos planificados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0	



Anexo 44: Velocidades nominales por máquina

Equipo	Producto: Wafer Vainilla
	(min/cajas)
A	0.154
B	0.134
C	0.134
D	0.118
E	0.106
F	0.106
G	0.118
H	0.118
I	0.118

Fuente: La empresa



Anexo 45: Matriz de tiempos, en horas, por cambios de sabor

Sabor	Vainilla	Fresa	Chocolate
Vainilla		1.5	1.5
Fresa	1.5		1.5
Chocolate	1.5	1.5	

Fuente: La empresa



Anexo 46: Aprovechamiento de los equipos

Equipo	Aprovechamiento
A	98%
B	98%
C	97%
D	98%
E	95%
F	96%
G	98%
H	96%
I	99%

Fuente: La empresa



Anexo 47: Análisis de capacidad del mes de julio

Estación de trabajo	Aprovechamiento	Carga de wafer vainilla	Carga de wafer fresa	Carga de wafer chocolate	Carga requerida para fabricar	Carga requerida por cambios de formato	Carga total requerida	Carga disponible
A	0.98	9548.0	6819.2	7794.3	24161.5	1260	25421.5	36000
B	0.98	9548.0	6819.2	7794.3	24161.5	1260	25421.5	36000
C	0.97	9646.4	6889.5	7874.6	24410.6	1260	25670.6	36000
D	0.98	9548.0	6819.2	7794.3	24161.5	1260	25421.5	36000
E	0.95	9849.5	7034.6	8040.4	24924.5	1260	26184.5	36000
F	0.96	9746.9	6961.3	7956.7	24664.9	1260	25924.9	36000
G	0.98	9548.0	6819.2	7794.3	24161.5	1260	25421.5	36000
H	0.96	9746.9	6961.3	7956.7	24664.9	1260	25924.9	36000
I	0.99	9451.6	6750.3	7715.6	23917.4	1260	25177.4	36000



Anexo 48: Análisis de capacidad del mes de setiembre

Estación de trabajo	Aprovechamiento	Carga de wafer vainilla	Carga de wafer fresa	Carga de wafer chocolate	Carga requerida para fabricar	Carga requerida por cambios de formato	Carta total requerida	Carga disponible
A	0.98	10465.7	10465.7	8259.4	29190.9	1260	30450.9	37440
B	0.98	10465.7	10465.7	8259.4	29190.9	1260	30450.9	37440
C	0.97	10573.6	10573.6	8344.6	29491.8	1260	30751.8	37440
D	0.98	10465.7	10465.7	8259.4	29190.9	1260	30450.9	37440
E	0.95	10796.2	10796.2	8520.3	30112.7	1260	31372.7	37440
F	0.96	10683.8	10683.8	8431.5	29799.0	1260	31059.0	37440
G	0.98	10465.7	10465.7	8259.4	29190.9	1260	30450.9	37440
H	0.96	10683.8	10683.8	8431.5	29799.0	1260	31059.0	37440
I	0.99	10360.0	10360.0	8176.0	28896.0	1260	30156.0	37440



Anexo 49: Cálculo del pago de haberes por horas extras al Analista de TI

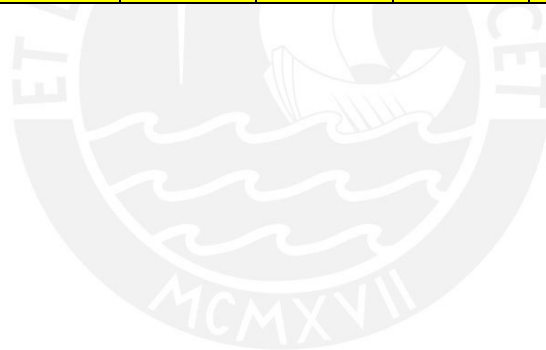
Descripción	Valor	Unidad
Sueldo	S/. 3,000.00	soles/mes
Sueldo por día	S/. 100.00	soles/día
Soles por hora	S/. 12.50	soles/hora
(1) Porcentaje por 2 horas extras	25%	%
Soles por hora con porcentaje (1)	S/. 15.63	soles/hora
Total, con porcentaje (1)	S/. 31.25	soles
(2) Porcentaje mayor a 2 horas	35%	%
Soles hora con porcentaje (2)	16.875	soles/hora
Total, por hora con porcentaje (2)	101.25	soles
TOTAL, HORAS EXTRAS	S/. 132.50	soles

Fuente: La empresa



Anexo 50: Cálculo de ahorros en la gestión de inventarios de materias primas e insumos

TIPO DE COSTO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo ordenar	S/. 211.40	S/. 211.40	S/. 317.10	S/. 317.10	S/. 422.80	S/. 422.80	S/. 422.80	S/. 317.10	S/. 317.10	S/. 211.40	S/. 317.10	S/. 317.10
Costo mantener	S/. 688.28	S/. 444.00	S/. 581.80	S/. 555.36	S/. 437.89	S/. 589.86	S/. 592.20	S/. 650.98	S/. 517.96	S/. 573.52	S/. 553.42	S/. 417.01
Costo total propuesto	S/. 899.68	S/. 655.40	S/. 898.90	S/. 872.46	S/. 860.69	S/. 1,012.66	S/. 1,015.00	S/. 968.08	S/. 835.06	S/. 784.92	S/. 870.52	S/. 734.11
Costo ordenar	S/. 528.50	S/. 422.80	S/. 422.80	S/. 528.50	S/. 422.80	S/. 422.80	S/. 528.50	S/. 422.80	S/. 528.50	S/. 422.80	S/. 422.80	S/. 528.50
Costo mantener	S/. 1,114.15	S/. 749.90	S/. 934.60	S/. 953.83	S/. 758.48	S/. 926.42	S/. 872.11	S/. 1,132.72	S/. 926.31	S/. 980.58	S/. 1,146.28	S/. 733.14
Costo total actual	S/. 1,642.65	S/. 1,172.70	S/. 1,357.40	S/. 1,482.33	S/. 1,181.28	S/. 1,349.22	S/. 1,400.61	S/. 1,555.52	S/. 1,454.81	S/. 1,403.38	S/. 1,569.08	S/. 1,261.64
AHORRO	S/742.97	S/517.30	S/458.51	S/609.86	S/320.59	S/336.56	S/ 385.62	S/587.44	S/619.76	S/618.46	S/698.56	S/527.53

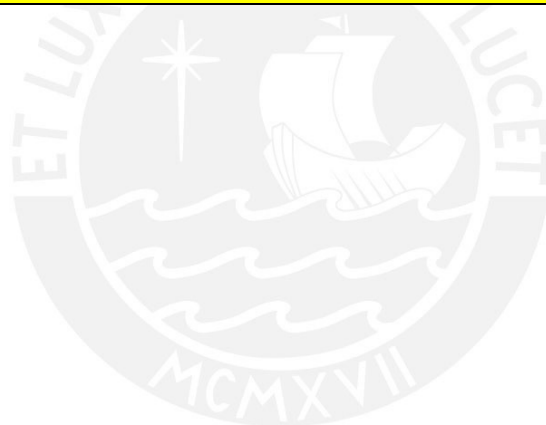


Anexo 51: Cálculo de ahorros en la gestión de inventarios de productos terminados – sabor vainilla

Producto: Vainilla	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inventario promedio propuesto (cajas)	420	600	312	375	484	375	466	647	511	334	535	309
Costo de mantener propuesto	S/. 6.72	S/. 9.60	S/. 4.99	S/. 6.00	S/. 7.74	S/. 6.00	S/. 7.46	S/. 10.35	S/. 8.18	S/. 5.34	S/. 8.56	S/. 4.94
Inventario promedio actual (cajas)	5949.98	9232.24	5110.05	5865.11	6595.87	6436.25	7402.16	8509.44	8472.35	5292.11	7857.47	4557.49
Costo de mantener actual	S/. 95.20	S/. 147.72	S/. 81.76	S/. 93.84	S/. 105.53	S/. 102.98	S/. 118.43	S/. 136.15	S/. 135.56	S/. 84.67	S/. 125.72	S/. 72.92
Ahorro	S/88.48	S/138.12	S/76.77	S/87.84	S/97.79	S/96.98	S/110.98	S/125.80	S/127.38	S/79.33	S/117.16	S/67.98

Anexo 52: Cálculo de ahorros en la gestión de inventarios de productos terminados – sabor chocolate

Producto: Chocolate	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inventario promedio propuesto (cajas)	333	473	252	287	376	290	380	527	402	254	430	239
Costo de mantener propuesto	S/. 5.33	S/. 7.57	S/. 4.03	S/. 4.59	S/. 6.02	S/. 4.64	S/. 6.08	S/. 8.43	S/. 6.43	S/. 4.06	S/. 6.88	S/. 3.82
Inventario promedio actual (cajas)	5017.00	7574.90	3571.47	4636.89	6132.16	4521.15	6357.71	8335.38	5472.32	3943.00	6621.69	3792.73
Costo de mantener actual	S/ 80.27	S/ 121.20	S/ 57.14	S/ 74.19	S/ 98.11	S/ 72.34	S/ 101.72	S/ 133.37	S/. 87.56	S/ 63.09	S/. 105.95	S/. 60.68
Ahorro	S/74.94	S/113.63	S/53.11	S/69.60	S/92.10	S/67.70	S/95.64	S/124.93	S/81.13	S/59.02	S/99.07	S/56.86



Anexo 53: Cálculo de ahorros en la gestión de inventarios de productos terminados – sabor fresa

Producto: Fresa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inventario promedio propuesto (cajas)	291	414	220	252	329	254	332	461	353	222	375	209
Costo de mantener propuesto	S/. 4.66	S/. 6.62	S/. 3.52	S/. 4.03	S/. 5.26	S/. 4.06	S/. 5.31	S/. 7.38	S/. 5.65	S/. 3.55	S/. 6.00	S/. 3.34
Inventario promedio actual (cajas)	4305.01	5927.48	3280.78	3298.91	4882.81	3629.84	4934.50	7353.14	4953.68	3560.64	5935.62	2971.57
Costo de mantener actual	S/. 68.88	S/. 94.84	S/. 52.49	S/. 52.78	S/. 78.12	S/. 58.08	S/. 78.95	S/. 117.65	S/. 79.26	S/. 56.97	S/. 94.97	S/. 47.55
Ahorro	S/64.22	S/88.22	S/48.97	S/48.75	S/72.86	S/54.01	S/73.64	S/110.27	S/73.61	S/53.42	S/88.97	S/44.20



Anexo 54: Proyección del cumplimiento del plan de producción para wafer Vainilla

Cumplimiento de la producción	Pronóstico	Producción	Cumplimiento de la producción
Enero	110073.52	110073.52	100.0%
Febrero	125829.11	125829.11	100.0%
Marzo	65456.87	65456.87	100.0%
Abril	98031.15	98031.15	100.0%
Mayo	101364.88	101364.88	100.0%
Junio	78769.38	78769.38	100.0%
Julio	121996.35	121996.35	100.0%
Agosto	135627.86	135627.86	100.0%
Setiembre	133725.19	133725.19	100.0%
Octubre	69747.18	69747.18	100.0%
Noviembre	111722.1	111722.1	100.0%
Diciembre	80974.74	80974.74	100.0%

