

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TEMA:

**MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE MODELOS
HEURÍSTICOS EN LA EMPRESA PANIFICADORA MAYRA'S**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

AUTORA:

Bright Estefania Yaguapaz Recalde

DIRECTOR:

Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

Ibarra, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0402047898		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yaguapaz Recalde Bright Estefania		
DIRECCIÓN:	Ibarra - El Olivo		
EMAIL:	beyaguapazr@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	S/N	TELÉFONO MÓVIL:	0986354408

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE MODELOS HEURÍSTICOS EN LA EMPRESA PANIFICADORA MAYRA'S
AUTOR (ES):	Yaguapaz Recalde Bright Estefania
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	25 de Enero de 2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Industrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Enero de 2024

EL AUTOR:



Brighit Estefania Yaguapaz Recalde
C.I. 0402047898



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACTULDAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Yo Ingeniera Karen Alejandra Benavides Flores, Directora de Trabajo de Integración Curricular desarrollado por la señorita estudiante **Brigit Estefania Yaguapaz Recalde** para la obtención del título de Ingeniera Industrial

CERTIFICA

Que, el proyecto de Trabajo de grado titulado “**MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE MODELOS HEURÍSTICOS EN LA EMPRESA PANIFICADORA MAYRA’S**”, ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante **Brigit Estefania Yaguapaz Recalde**, bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniera Industrial. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 24 de enero del 2024.



MSc. Karen Benavides Flores
CI: 1003597513
DIRECTORA DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado:

A mi madre por su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, porque gracias a su esfuerzo y sacrificio hoy puedo alcanzar una de mis metas, gracias madre por haber creído en mí y por ser mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia.

A mis hermanos Emerson y Elian por todos los momentos compartidos y por ser mi motivación para seguir adelante en mi formación académica.

A mis queridos tíos y abuelos por sus sabios consejos y por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y guiar siempre mi camino.

A la Universidad Técnica del Norte, en especial a la carrera de Ingeniería Industrial, por todos los conocimientos y experiencias adquiridas.

A la panificadora Mayra's por la colaboración brindada a lo largo de esta investigación.

A mi familia por enseñarme a nunca rendirme y apoyarme siempre.

Y por último a mis amigos quienes han hecho que mi formación profesional sea una de las mejores etapas de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Alcance	2
1.4. Justificación	3
1.5. Metodología.....	4
1.5.1. Tipo de investigación.....	4
1.5.2. Método de investigación.....	4

1.5.3. Técnica de investigación.....	5
1.5.4. Instrumentos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Inventarios.....	6
2.1.1. Tipos de inventarios.....	6
2.1.2. Sistemas de valuación de inventarios	8
2.2. Gestión de Inventario.....	9
2.2.1. Objetivos de la gestión de inventarios	10
2.3. Administración del inventario.....	10
2.3.1. Técnicas para considerar en la gestión del inventario	10
2.4. Administración de inventarios con la clasificación ABC	12
2.5. Control de inventario	13
2.5.1 Parámetros de la gestión de stock	13
2.5.2. Rotación de inventarios.....	14
2.5.3. Coeficiente de variación (CV)	15
2.6. Costos de inventario.....	16
2.6.1. Costo por mantener	16
2.6.2. Costo por escasez.....	17
2.6.3. Costo por ordenar.....	17

2.7. Modelos de gestión de Inventario	19
2.7.1. Modelos Q (Determinísticos).....	19
2.7.2. Modelo P (Probabilísticos)	20
2.8. Modelos heurísticos de gestión de inventario	20
2.8.1. Definición de modelos heurísticos.....	20
2.8.2. Tipos de modelos heurísticos utilizados en la gestión de inventario	21
2.8.2.1. Heurístico de Silver – Meal	21
2.8.2.2. Algoritmo de Wagner y Whitin	22
2.9. Pronóstico de inventario	23
2.9.1. Clasificación de los pronósticos.....	24
2.9.1.1. Medias móviles ponderadas	26
2.9.1.2. Suavización exponencial simple	27
2.9.1.3. Métodos de promedios móviles integrados autorregresivos (ARIMA).....	27
2.9.1.4. Pronóstico KNN.....	28
CAPÍTULO III.....	31
SITUACIÓN ACTUAL.....	31
3.1. Descripción general de la empresa	31
3.1.1. Ubicación	31
3.1.2. Layout	32
3.2. Direccionamiento estratégico.....	33

3.2.2. Misión	33
3.2.3. Visión	33
3.2.4. Valores	33
3.2.5. Estructura organizacional.....	34
3.2.6. Diagrama SIPOC	35
3.3 Identificación del problema	35
.....	36
3.3.1. Malas prácticas de gestión de inventario	38
3.4. Descripción del proceso de abastecimiento	39
3.5. Análisis de inventarios.....	39
3.6. Índice de rotación.....	40
3.8 Clasificación ABC	41
CAPÍTULO IV.....	43
PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO.....	43
4.1. Obtención, análisis y validación de datos históricos	43
4.2 Análisis de estacionalidad.....	43
4.3 Pronóstico de la demanda	46
4.3.1 Modelo Arima.....	46
4.3.2 Modelo MLP	47
4.3.3 Modelo KNN	48

4.4 Comparación de resultados	49
4.5 Costos asociados a los inventarios de productos en bodega.....	51
4.6. Políticas de inventario.....	52
4.6.1. Stock de seguridad.....	52
4.6.2. Punto de reorden.....	53
4.7. Organización de la bodega.....	54
4.8. Aplicación de modelos heurísticos	55
4.8.1. Silver Meal.....	56
4.8.2 Wagner Whitin.....	58
4.9 Evaluación de la mejora de gestión de inventario y comparación de resultados.....	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES.....	63
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	12
<i>Clasificación ABC</i>	12
Figura 2.....	16
<i>Costos relacionados con el inventario</i>	16
Figura 3.....	18

<i>Costos por ordenamiento</i>	18
Figura 4	32
<i>Ubicación geográfica empresa panificadora Mayra's</i>	32
Figura 5	32
<i>Distribución por áreas empresa panificadora Mayra's</i>	32
Figura 6	34
<i>Organigrama estructural</i>	34
Figura 7	35
<i>Diagrama SIPOC panificadora Mayra's</i>	35
.....	35
Figura 8	36
<i>Lluvia de ideas problemas presentes en la panificadora Mayra's</i>	36
Figura 9	37
<i>Diagrama de Pareto panificadora Mayra's</i>	37
Figura 10	42
<i>Clasificación ABC panificadora Mayra's</i>	42
Figura 11	50
<i>Comparación de demanda real vs. pronosticada</i>	50
Figura 12	55
<i>Organización de bodega método ABC</i>	55
Figura 13	56
<i>Modelo de inventario Silver Meal</i>	56
Figura 14	58

<i>Código Wagner Whitin</i>	58
Figura 15	58
<i>Modelo de inventario Wagner Whitin SKU_10</i>	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	7
<i>Tipos de inventarios adicionales</i>	7
Tabla 2.	10
<i>Técnicas para la gestión de inventarios</i>	10
Tabla 3.	16
<i>Métodos de aplicación del coeficiente de variación</i>	16
Tabla 4.	25
<i>Tipos de Modelos de pronósticos</i>	25
Tabla 5	36
<i>Priorización de problemáticas panificadora Mayra's</i>	36
Tabla 6	38
<i>Malas prácticas de gestión de inventario panificadora Mayra's</i>	38
Tabla 7	40
<i>Ejemplo de inventario panificadora Mayra's</i>	40
Tabla 8	40
<i>Índice de rotación</i>	40
Tabla 9	42

<i>Resultados de clasificación ABC</i>	42
Tabla 10	44
<i>Análisis de estacionalidad de la serie de tiempo</i>	44
Tabla 11	45
<i>Prueba Dickey Fuller serie de tiempo ajustada</i>	45
Tabla 12	46
<i>Pronósticos modelo Arima</i>	46
Tabla 13	46
<i>Error RMSE modelo Arima</i>	46
Tabla 14	47
<i>Pronóstico modelo MLP</i>	47
Tabla 15	48
<i>Error RMSE modelo MLP</i>	48
Tabla 16	48
<i>Pronóstico modelo KNN</i>	48
Tabla 17	49
<i>Error RMSE modelo KNN</i>	49
Tabla 18	50
<i>Resultados de errores</i>	50
Tabla 19	51
<i>Costos asociados a los inventarios</i>	51
Tabla 20	52
<i>Stock de seguridad</i>	52

Tabla 21	54
<i>Punto de reorden</i>	54
Tabla 23	57
<i>Planificación de compra modelo Silver Meal SKU_10</i>	57
Tabla 24	59
<i>Planificación de compra modelo Wagner Whitin sku_10</i>	59
Tabla 25	60
<i>Comparación resultados métodos heurísticos</i>	60
TABLA 26	61
<i>Comparación ahorro métodos heurísticos vs real</i>	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Distribución actual de la bodega.....	69
ANEXO 2. Flujograma del proceso de abastecimiento de la panificadora Mayra's	70
ANEXO 3. Análisis de inventario	71
ANEXO 4. Índice de rotación.....	72
ANEXO 5. Clasificación ABC	97
ANEXO 6. Base de datos.....	98
ANEXO 7. Prueba Dickey Fuller	100
ANEXO 8. Series de tiempo ajustadas	101
ANEXO 9. Resultados Modelo ARIMA	103

ANEXO 10. Resultados Modelo MLP	106
ANEXO 11. Resultados Modelo KNN	109
ANEXO 12. Resultados modelo Silver Meal	112
ANEXO 13. Resultados modelo Wagner whitin	120

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa panificadora Mayra's, misma que no cuenta con una adecuada gestión de inventario por lo que planifica los pedidos de materia prima basándose en la experiencia del gerente lo que ha provocado un deficiente control y organización del inventario, ocasionando pérdidas económicas por obsolescencia de materia prima, existencia de productos innecesarios, en exceso o defectuosos, provocando así retrasos en la producción.

A fin de solventar dicha necesidad se desarrolla una propuesta para optimizar la gestión de inventario mediante la aplicación de modelos heurísticos, buscando disminuir los costos y determinar el nivel óptimo de materia prima.

Para el desarrollo de la propuesta se realizó la clasificación ABC y se trabajó únicamente con los productos de clasificación A, los cuales se analizaron y ajustaron en el Software R-studio mediante la prueba Dickey Fuller para seguir con el proceso de pronóstico para 12 meses en base a tres modelos: ARIMA, MLP Y KNN. Una vez obtenidos y elegidos los resultados del pronóstico, se aplicó modelos heurísticos de inventario, donde se concluyó que el modelo más adecuado para este trabajo es el de Wagner Whitin ya que generará un ahorro en inventarios de \$11800,53 al saber la cantidad óptima de artículos a pedir.

Palabras clave: Inventarios, clasificación ABC, Pronósticos, Silver Meal, Wagner Whitin.

ABSTRACT

This research work was carried out in the baking company Mayra's, which does not have adequate inventory management, so it plans raw material orders by calculating the experience of the manager, which has caused poor control and organization of the inventory. causing economic losses due to obsolescence of raw materials, existence of unnecessary, excess or defective products, complicating the registration of existing raw materials and delaying production.

In order to solve this need, a proposal is developed to improve inventory management through the application of heuristic models, seeking to reduce inventory costs and determine the optimal level of raw materials.

For the development of the proposal, the ABC classification was carried out and we worked only with the A classification products, which were analyzed and adjusted in the R-studio Software using the Dickey Fuller test to continue with the forecast process for 12 months in based on three models: ARIMA, MLP AND KNN. Once the appropriate forecast results were obtained and chosen, heuristic inventory models were applied, where it was concluded that the most appropriate model for this work is that of Wagner Whitin since it will generate a saving of \$11,800.53, thus achieving a reduction in inventory costs. In the same way, the period and the optimal quantity of each item to order were obtained.

Keywords: Inventories, ABC classification, Forecasts, Silver Meal, Wagner whitin

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

Según (Holguín, 2010), “Es muy común escuchar a los administradores y gerentes afirmar que uno de los problemas más complejos que afectan a las empresas es el manejo y control de los inventarios” (p. 16).

Este problema ocurre en empresas de los sectores industrial, comercial o de servicios que manejan materias primas, componentes, repuestos, productos en proceso o en tránsito y/o productos terminados, manteniendo unidades en inventario en mayor o menor grado (Holguín, 2010).

La empresa panificadora Mayra's no cuenta con una adecuada gestión de inventario por lo que planifica los pedidos de materia prima basándose en la experiencia del encargado lo que ha provocado un deficiente control y organización del inventario, ocasionando pérdidas económicas por obsolescencia de materia prima, existencia de productos innecesarios, en exceso o defectuosos, complicando el registro de materia prima existente y retrasando la producción.

Otro de los problemas que tiene la empresa es que no conoce el nivel de rotación de los productos en bodega generando inconvenientes en el flujo de materiales y desabastecimiento. Es por ello que la empresa busca mejorar la gestión de inventario que permita manejar los excesos o pérdidas de tal manera que disminuyan los costos de materias primas, mejore la producción y por ende generar mayores ingresos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una mejora de la gestión de inventario en la empresa MAYRA'S mediante el uso de modelos heurísticos con el fin de reducir costos relacionados con el inventario y mejorar la rotación de materia prima.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer las bases teóricas necesarias, mediante la búsqueda en fuentes bibliográficas, para fundamentar el trabajo de investigación.
- Diagnosticar la situación actual de la empresa con la ayuda de herramientas exploratorias a fin de identificar las principales causas de los problemas encontrados.
- Plantear la mejora de la gestión de inventario a través de modelos heurísticos a fin de optimizar costos asociados a la adquisición de materia prima.

1.3. Alcance

La presente investigación se basa en la mejora de la gestión de inventario a través de modelos heurísticos para el área de recepción de materia prima de la panificadora MAYRA'S ubicada en la ciudad de Tulcán Provincia del Carchi. Se realizará el estudio mediante diferentes indicadores de inventario como: stock disponible, nivel de rotación, precio de inventario y el análisis de datos históricos; después de todo este procedimiento se aplicará pronósticos y modelos heurísticos de inventario limitándose a los productos de clasificación A, donde, se obtendrá como resultado la reducción de costos de inventario, evitar el quiebre de stock y aumentar las utilidades de la empresa.

1.4. Justificación

El plan Nacional de desarrollo “Toda una Vida” en su objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, menciona que (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017):

Para lograr los objetivos de alcanzar el crecimiento económico, es necesario, contar con una industria competitiva, eficiente y de calidad, es necesario realizar investigación e innovación para la producción, transferencia tecnológica, industrialización e infraestructura. Estas acciones van de la mano con la reactivación de la industria nacional y de un potencial marco de alianzas público-privadas (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

En base a lo mencionado anteriormente el presente proyecto se justifica en que, la correcta gestión del inventario en la industria es crucial para asegurar el orden, la distribución y el suministro adecuado de los productos, de esta forma contribuye a la mejora de las operaciones comerciales y de producción de la compañía.

Dicho de otro modo la gestión de inventarios representa un elevado costo tanto en términos de capital inmovilizado como en los gastos operativos y administrativos, el mal manejo de inventario ha llevado a que algunas empresas presenten grandes pérdidas económicas. Por lo tanto, es esencial realizar un seguimiento exhaustivo que permita identificar de manera detallada lo que se necesita cuando y cuánto se necesita como inversión para el abastecimiento adecuado de los productos.

Entonces, se requiere emplear distintas técnicas de inventario, a fin de precisar el nivel óptimo de materiales y así disminuir los costos totales permitiendo maximizar las utilidades al igual que garantizando la operatividad de la empresa.

Para el gerente de la empresa MAYRA'S, el control de materia prima representa un asunto de especial interés. Por tal motivo la ejecución de este trabajo es relevante ya que resulta fundamental la optimización del abastecimiento lo cual le permita a la empresa mantener un nivel adecuado de inventario así como prestar un servicio constante y eficiente a sus clientes entregando un producto de calidad en el menor tiempo posible.

1.5. Metodología

1.5.1. Tipo de investigación

- **Investigación documental:** Se recopiló y analizó información histórica que fundamente el tema de estudio mediante la investigación en documentos, artículos, libros, revistas, sitios web, etc.
- **Investigación de campo:** Este tipo de investigación consiste en la observación directa de sucesos en el lugar y tiempo en que ocurren, basándose en la recopilación y análisis de datos de la situación en la que se encuentra la empresa.
- **Investigación descriptiva:** Busca comprender, analizar e interpretar los datos recolectados es decir se detalló la información recopilada acerca del inventario que posee la empresa Mayra's.

1.5.2. Método de investigación

- **Investigación inductiva:** Este método se utilizó para desarrollar la mejora de gestión de inventario en base a la recopilación de información y observaciones realizadas mediante el método cualitativo y método cuantitativo, que contribuya a la empresa a alcanzar sus objetivos.

1.5.3. Técnica de investigación

- **Observación:** Esta técnica se utilizó para recopilar información sobre aquellos factores que influyen en la gestión de inventario
- **Entrevista:** Se llevó a cabo una entrevista verbal con el gerente con el propósito de recopilar información relevante para el desarrollo de la investigación.

1.5.4. Instrumentos

- Base de datos
- Entrevista
- Observación directa
- Documentación corporativa
- Software para evaluación de modelos de pronóstico y métodos de inventario
- Bibliografía y referencias

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Inventarios

La definición de inventario se refiere al número de materiales, productos en desarrollo o productos finalizados que se almacenan en una bodega o centro de distribución con el fin de sustentar los cambios en la demanda o en el plazo de abastecimiento por parte del proveedor. El inventario puede requerir un recurso ocioso desde el punto de vista financiero, pero tiene un valor económico que debe tenerse en cuenta (Gómez & Brito, 2020, pág. 173).

2.1.1. Tipos de inventarios

Arenal Laza presenta tres tipos de inventario para empresas manufactureras que son materias primas, trabajo en proceso y productos terminados. (Heizer & Render, 2009), por su parte, complementa lo anterior con otros tipos de inventario que incluyen el inventario de materias primas, el trabajo en progreso, el inventario de mantenimiento, reparación y operación (MRO), y el inventario de productos terminados (Arenal Laza, 2020).

Según las características de la demanda, los inventarios pueden ser dependientes o independientes; en cuanto a los dependientes, tienen su demanda condicionada a la venta de otros productos, al contrario de los independientes como el MRO (mantenimiento, reparación y operación) (Ribeiro & Amaya, 2022).

El inventario de materias primas existe, pero no ha sido procesado, mientras que el trabajo en progreso consta de componentes o materias primas que han sufrido ciertos cambios, pero aún no están listos (Heizer & Render, 2009).

Por otro lado, (Gómez & Brito, 2020) agregan una categoría adicional al inventario que es el inventario de seguridad. Este tipo de inventario se refiere a una cantidad adicional de productos

que se mantienen como reserva para cubrir posibles variaciones en la demanda o problemas en la cadena de suministro (Heizer & Render, 2009).

Es decir, este inventario sirve como una especie de "colchón" para prevenir situaciones de desabastecimiento.

Se pueden identificar varios tipos de inventario según (Arenal Laza, 2020):

- Inventario de Materias Primas
- Trabajo en Progreso (WIP)
- Inventario de Mantenimiento, Reparación y Operación (MRO)
- Inventario de Producto Terminado
- Inventario de Seguridad

Adicionalmente a los tipos de inventarios descritos anteriormente, se generaliza otros tipos de inventarios en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Tipos de inventarios adicionales

TIPO DE INVENTARIO	DESCRIPCIÓN
Ciclo de inventario	Se refiere a la cantidad de inventario que se tiene entre los períodos de reaprovisionamiento.
Inventario de seguridad	Es el número de unidades que se espera que estén disponibles cuando lleguen los suministros y estén listos para ser utilizados.
Inventario en tránsito	Es aquel que se encuentra en tránsito hacia un nodo de almacenamiento y no se guarda para uso posterior o venta.
Inventario publicitario	Se divide en dos categorías: el SKU promocional siempre en stock y el SKU promocional que no se mantiene a mano para aumentar la demanda.
Inventario de demostración	Se utiliza con multas de demostración o exhibición, mientras que el inventario minorista se encuentra en el almacén de una tienda

	minorista.
Inventario minorista	Se refiere al inventario que se encuentra en los estantes de la tienda y que consta de inventarios de ciclo y seguridad.
Reposición de inventario minorista en los estantes	La reposición de stock de compra impulsiva en múltiples localizaciones se refiere a artículos que están en múltiples locales y que pueden estar agotados o disponibles en la tienda.
Inventario estacional	Es aquel que se mantiene durante parte del año y que puede o no reponerse durante la temporada.
Reposición de stock de compra impulsiva en múltiples ubicaciones	Cuando algunos artículos están en múltiples ubicaciones, que pueden estar agotados o disponibles en la tienda.
Inventario de materia prima	Es aquel que se mantiene para la producción,
Inventario de producción en curso.	Es aquel objeto que está siendo transformado en un producto final.
Inventario de productos terminados	Es aquel en su forma final después de la producción
Inventario de repuestos	Es aquel de componentes utilizados en productos terminados.

Nota: Adaptado de (Garrido & Cejas, 2017) a partir de (Cervera, 2012).

2.1.2. Sistemas de valuación de inventarios

Los sistemas de valuación de inventarios son técnicas utilizadas para determinar el costo de los productos vendidos y el valor de los inventarios finales.

La valuación de las salidas de almacén es el proceso de asignar un valor a los productos o insumos que se utilizan en la producción o que se venden. Los sistemas más comunes según (Trujillo, 2020):

- El FIFO (primeras entradas, primeras salidas),
- El LIFO (últimas entradas, primeras salidas) y
- El PPP (precio promedio ponderado).

El método FIFO se utiliza en productos perecederos, mientras que el LIFO es adecuado para productos que no se deterioran o se vuelven obsoletos fácilmente. El PPP es el método más utilizado y se basa en el costo promedio ponderado de todos los productos en el inventario (Trujillo, 2020).

2.2. Gestión de Inventario

Abarca la planificación, implementación y control eficiente de bienes y servicios en la cadena de suministro, con el objetivo de cumplir con los requerimientos del cliente. Implica supervisar el suministro, almacenamiento y accesibilidad de los productos, minimizando la adquisición de inventario y equilibrando la oferta y la demanda. Es necesario considerar factores como el análisis de la demanda y oferta, la planificación de la producción y la evaluación de proveedores. Además, la gestión de inventarios es un factor crítico que influye en la rentabilidad de una empresa. Es crucial adaptarse a los cambios del entorno y utilizar herramientas como modelos matemáticos y un software especializado (Singh & Verma, 2018); (Garrido & Cejas, 2017); (Krajewski et al., 2008).

Es imprescindible tener un control adecuado de inventarios en las empresas panificadoras, ya que esto asegura la continuidad del proceso productivo y la satisfacción de los consumidores. Sin embargo, un control excesivo de cada artículo puede resultar en costos innecesarios, por lo que es importante establecer un balance en el control de los inventarios (Arenal Laza, 2020).

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado se destaca la importancia de establecer un método de control adecuado que minimice riesgos en el manejo de inventarios, evitando escasez o exceso de reservas que generan altos costos de almacenamiento. Para lograr esto, es necesario definir correctamente la mercancía a pedir, los plazos de pedido, el lugar de acumulación y el diseño de evaluación del nivel de stock, entre otros factores (Arenal Laza, 2020).

2.2.1. Objetivos de la gestión de inventarios

Estos objetivos permiten lograr eficiencia en la gestión de inventarios y, por lo tanto, a reducir los costos e incrementar la calidad del servicio al cliente. Además, el control eficiente del inventario permite a la empresa tener una visión clara de su situación financiera y tomar decisiones basadas en datos precisos y actualizados (Salas et al., 2017).

Los principales objetivos que persigue la gestión de inventarios son (Salas et al., 2017):

- Reducir al mínimo los niveles de existencias.
- Garantizar el suministro de producto.

2.3. Administración del inventario

Actualmente existe una inclinación hacia la reducción de inventarios, es decir, mantener solo lo necesario para cubrir la demanda. Para lograr esto, se han desarrollado diferentes metodologías, como las plataformas de Cross Dock, entregas certificadas, compras Just-in-Time (JIT) o el inventario administrado por el vendedor (VMI) (Gómez & Brito, 2020, pág. 173).

Sin embargo, es importante destacar que la opción de minimizar o descartar el inventario no debe tomarse a la ligera, ya que puede afectar las finanzas de la empresa de forma negativa si no se puede satisfacer la demanda debido al agotamiento de inventario. Además, el uso inadecuado de técnicas como JIT, fabrica esbelta o Teoría de Restricciones puede llevar a cabo al fracaso (Gómez & Brito, 2020, pág. 173).

2.3.1. Técnicas para considerar en la gestión del inventario

A continuación, se indica las técnicas que se deben considerar para la gestión del inventario:

Tabla 2.

Técnicas para la gestión de inventarios

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Modelo de la cantidad económica de pedido “CEP”	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisar el suministro del Grupo A. • Calcula el nivel óptimo de producción. • El costo total de la inversión en inventario aumenta o disminuye en función del nivel de inversión. • El costo mínimo total se alcanza cuando el Costo Total de Pedido y el Costo Total de Mantenimiento son iguales.
Punto de Reorden	<ul style="list-style-type: none"> • Se asume que los pedidos se reciben cuando el nivel de inventario alcanza el valor cero. • Se requiere establecer un punto de renovación de pedidos que considere el tiempo necesario entre la colocación y recepción de los pedidos. • Puede emplearse un inventario de seguridad • El punto de reorden se calcula: • El tiempo de anticipo en días por el uso diario. • De la misma manera (el tiempo de anticipo en días por el uso diario) + inventario de seguridad en días.
Método MRP	<ul style="list-style-type: none"> • Calcula la cantidad y el intervalo óptimo para la adquisición de artículos dependientes de la demanda. • Identifica precisamente qué, cuánto y cuándo se necesitan los artículos. • Mejora el servicio al cliente • Reduce costos de inventario • Mejora la efectividad de la programación y planificación • Reduce el nivel de inventario
Método JAT	<ul style="list-style-type: none"> • Permite tener el inventario necesario • Los inventarios se reabastecen y reorganizan regularmente.

- Para un buen funcionamiento y evitar faltantes, se necesita controlar la cooperación de los proveedores.

Nota. Adaptado de (Yosmary, 2012).

2.4. Administración de inventarios con la clasificación ABC

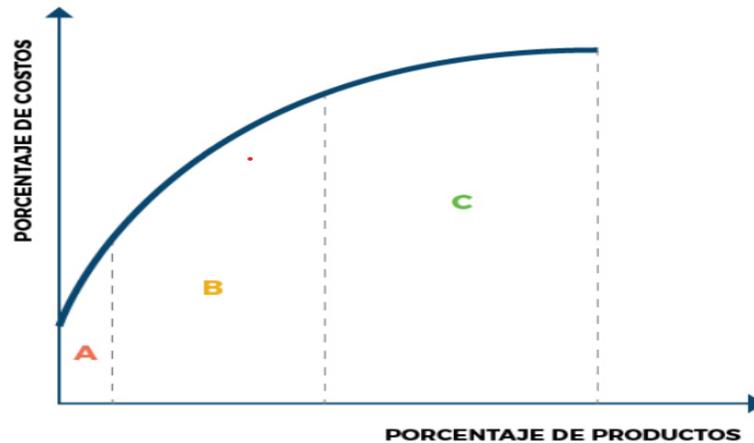
La clasificación ABC es una herramienta de gestión de inventarios que se utiliza para clasificar los productos de una empresa en función de su importancia relativa para la misma (Gómez & Brito, 2020, pág. 75).

La clasificación se realiza mediante el análisis de la demanda anual de cada producto, ordenándolos de mayor a menor según su demanda y agrupándolos en tres categorías A, B y C como se detalla a continuación (Álvarez Pareja, 2020):

- Los productos clasificados en la categorización A son los más significativos para la empresa, ya que describe alrededor del 70% y el 80% de las ventas, a pesar de que solo representan entre el 10% y el 20% de los artículos.
- Los productos clasificados en la categorización B describe alrededor del 15% y el 20% de las ventas y entre el 30% y el 40% de los artículos, mientras que,
- Los productos clasificados en la categorización C describe alrededor del 5% y el 10% de las ventas y entre el 40% y el 50% de los artículos.

Figura 1.

Clasificación ABC



Fuente: Administración de operaciones (2020).

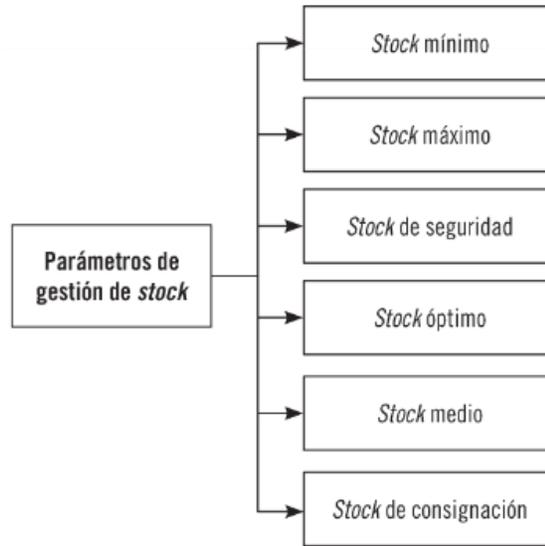
2.5. Control de inventario

Los gerentes de la empresa son responsables de llevar a cabo un adecuado control de inventarios para garantizar que la empresa tenga el stock adecuado y la rotación de inventarios necesarios para su desarrollo. La rotación de inventarios se refiere a la frecuencia con la que los productos se venden y se reemplazan en el inventario. Es una medida clave para la gestión adecuada del inventario y para mejorar el desempeño financiero de la empresa (Chase & Jacobs, 2014).

2.5.1 Parámetros de la gestión de stock

Es fundamental que las empresas cuenten con suficiente mercancía en sus almacenes para satisfacer las demandas de ventas y pedidos, siempre manteniendo un control de tarifas para avalar la rentabilidad de la acción de almacenar. Para lograr esto, es necesario considerar una serie de parámetros relacionados con los stocks que permiten medir la cantidad de stock adecuada en un momento dado (Fernández, 2017).

Una gestión inadecuada de estos parámetros puede llevar a la empresa a quedarse sin stock en el almacén para atender sus pedidos, lo que puede generar consecuencias negativas en la satisfacción de los clientes y en la reputación de la empresa (Fernández, 2017).



Fuente: Gestión de Inventarios (Fernández, 2017)

A continuación se dará a conocer a fondo el stock de seguridad siendo este el más relevante para la investigación:

Stock de Seguridad

Con el fin de evitar los costes de ruptura de stocks, que se producen cuando la empresa no tiene suficiente mercancía para satisfacer la demanda de ventas y pedidos, se crea el stock de seguridad. Este stock adicional actúa como un “colchón” que prevé posibles riesgos de ruptura. De esta manera, la recepción normal del pedido no se producirá con 0 mercancías en el almacén, sino cuando haya un nivel adecuado de existencias para prevenir que los pedidos no lleguen en el tiempo previsto (Arenal Laza, 2020).

2.5.2. Rotación de inventarios

El control de inventario es un indicador clave para medir la efectividad en el empleo del capital de trabajo de una organización. La rotación de inventario se refiere a la frecuencia con la que se realiza el inventario de una empresa y la rapidez con la que se convierte el inventario en efectivo o créditos a través de las ventas (Gerencie, 2020).

Cuanto mayor sea la rotación de inventario, menor será el tiempo que se necesite para vender los productos almacenados, lo que indica una buena gestión y almacenamiento. Los beneficios de tener una alta rotación de inventario incluyen una menor cantidad de productos caducados en los estantes, más espacio para almacenar productos y una mayor rotación (Gerencie, 2020).

Formula:

$$\text{Índice de Rotación} = \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Inventario promedio}}$$

2.5.3. Coeficiente de variación (CV)

Es una medida estadística que se utiliza para evaluar la relativa de una distribución de datos. Se calcula dividiendo la desviación estándar de la muestra por los medios de la muestra. (Sanjuán, 2018). Esta medida se expresa como un porcentaje y es útil para comparar los diferentes conjuntos de datos que pueden tener unidades de medidas distintas o valores extremos muy diferentes (Sanjuán, 2018).

La fórmula del cálculo del coeficiente de variación es la siguiente (Sanjuán, 2018):

$$CV = \frac{\text{Varianza de la demanda por período}}{\text{Cuadrado de la demanda media por período}}$$

En la **Tabla 3** se pueden ver diferentes rangos de coeficientes de variación y las interpretaciones que se les dan. Por ejemplo, si el coeficiente de variación (*CV*) es menor al 10%, se considera que las cifras son semejantes y tienen poca diferencia. Si el coeficiente de variación

está entre el 10% y el 20%, se considera que los datos tienen una dispersión moderada, mientras que, si el coeficiente de variación (*CV*) es mayor al 20%, se considera que las cifras son muy variables.

Tabla 3.

Métodos de aplicación del coeficiente de variación

Si $CV < 0.20$	Utilizar Métodos clásicas
Si $CV \geq 0.20$	Utilizar Métodos heurísticos

Nota: Adaptado de (Sanjuán, 2018)

2.6. Costos de inventario

Son una parte importante del procedimiento logístico en un almacén, ya que representan un gasto significativo para las empresas. Estos costos incluyen el costo de mantener el inventario en el almacén, como el espacio físico utilizado para el almacenamiento, la depreciación de los equipos y las instalaciones (Gómez & Brito, 2020, págs. 183,184).

Figura 2

Costos relacionados con el inventario



Fuente: Administración de operaciones (2020).

2.6.1. Costo por mantener

Los costos de mantenimiento se refieren a los costos directos y de oportunidad asociados con la tenencia de inventario, incluyendo los costos de almacenamiento y seguimiento, seguros e

impuestos, pérdidas por obsolescencia, deterioro o robo, así como el costo de oportunidad del capital invertido (Jaffe et al., 2012). Estos costos implican mantener un artículo durante un período determinado de tiempo, y su suma puede variar del 20% al 40% del valor anual del inventario (Yosmary, 2012).

Tanto (Jaffe et al., 2012) como (Yosmary, 2012) indica que los costos de mantenimiento están directamente relacionados con la cantidad de inventario almacenado, de modo que mientras más inventario se tenga, mayores serán los costos de almacenamiento y mayores serán los costos relacionados con el almacenamiento y la obsolescencia.

2.6.2. Costo por escasez

El costo de escasez se refiere al número de ventas perdidas debido a la escasez de inventario, lo que puede resultar en costos adicionales de producción, trabajo administrativo adicional o costos adicionales. Este costo tiene dos componentes principales: los costos de reabastecimiento, que son los costos asociados con la realización de pedidos a los proveedores o el establecimiento de un ciclo de producción, y los costos asociados con las reservas de seguridad, que son una pérdida de oportunidad, como la pérdida de ventas (Jaffe et al., 2012, p. 839).

Por otro lado, los costos de escasez son aquellos que se producen cuando no se cuenta con suficiente inventario para solventar el requerimiento de los clientes. Esto puede llevar a la pérdida de ventas y, en casos extremos, a la pérdida de clientes. Los costos de escasez pueden ser calculados como la suma del costo de la pérdida de ventas y el costo de la pérdida de clientes (Silver et al., 1998).

2.6.3. Costo por ordenar

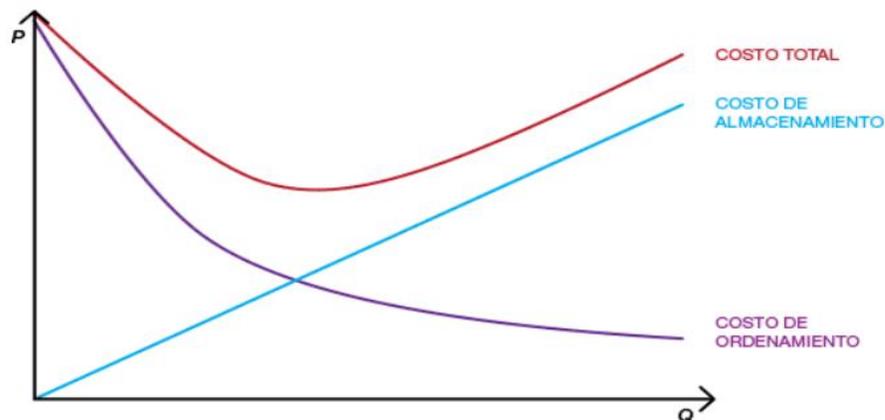
El costo de ordenamiento o pedido se refiere a los gastos asociados con las actividades realizadas al solicitar más existencias. Estos costos incluyen procesos contables, comunicación, transporte y recepción (Bellolio, 2020).

El costo por ordenar en el contexto de los inventarios se refiere a los gastos asociados con realizar un pedido de productos o materiales para reponer el inventario. Estos costes pueden incluir actividades como la preparación de la orden, el procesamiento de la documentación, la comunicación con proveedores y cualquier otro gasto relacionado con el proceso de realización de un pedido (Bellolio, 2020).

Muchos de estos costos son fijos, lo que significa que una medida que incrementa el número de productos ordenados (Q), el costo unitario de ordenamiento se reduce, tal como se demuestra en la figura 3.

Figura 3

Costos por ordenamiento



Fuente: Costos de inventario (2020)

Fórmula costos por ordenar (Bellolio, 2020):

$$\text{Costo de Ordenar} = \frac{D}{Q}S$$

Donde:

D = Demanda (anual)

Q= Cantidad a pedir (esta cantidad óptima también se la conoce como cantidad económica de pedidos, Q_{opt})

S= Costo de realizar un pedido.

2.7. Modelos de gestión de Inventario

2.7.1. Modelos Q (Determinísticos)

Este tipo de sistemas sirven como herramienta para operar el requerimiento aleatorio. Si el inventario decrece al punto (R), se solicita una cantidad Q fija. Según la demanda real depende la variación del tiempo entre las órdenes. Se conoce a Q la cantidad económica de la orden. El valor de R se basa en el nivel de servicio deseado (Schroeder et al., 2011).

La demanda anual (R), el plazo de entrega (L), el precio (C), el costo variable por orden o preparación (S), y el porcentaje del costo de mantenimiento (K) son constantes ahora y también en el futuro. En el momento en que el inventario disminuye hasta el punto (P), se vuelve a solicitar una cantidad fija (Q). No se permiten reservaciones de pedidos ni faltantes de inventarios (Johnson et al., 2012).

El costo total está dado como un costo de compra, más el costo de ordenar, más el costo de mantenimiento, y se representa mediante la siguiente formula (Johnson et al., 2012):

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2RS}{KC}}$$

2.7.2. Modelo P (Probabilísticos)

Las solicitudes se efectúan solamente en el tiempo de revisión; en consecuencia, el rango del inventario se debe para prevenir la falta de inventario durante los periodos de revisión y de entrega. Estos modelos buscan diagnosticar el momento óptimo de ordenamiento (O). El periodo de costo mínimo se puede determinar cómo sigue. Existen R/O ciclos por año y, por tanto, T (la fracción del año) es O/R (Johnson et al., 2012).

Este valor de O se puede sustituir en la fórmula de la cantidad económica de la orden, obteniendo (Johnson et al., 2012):

$$T_{opt} = \sqrt{\frac{2S}{RKC}}$$

2.8. Modelos heurísticos de gestión de inventario

2.8.1. Definición de modelos heurísticos

Los modelos heurísticos son aquellos modelos matemáticos que se utilizan para aproximarse a la solución de un problema, la heurística se refiere a un conjunto de principios o ideas que ayudan a disminuir el tiempo que se necesita para encontrar una solución. A menudo, estos principios se conocen como reglas empíricas, ya que guían la solución de problemas (Ballou, 2004, pág. 573).

Los modelos heurísticos presentan un enfoque que mejora la forma del problema mediante el uso de un conjunto de reglas y procedimientos racionales, con el objetivo de minimizar el costo promedio mientras se mantiene un nivel suficiente de existencias para satisfacer la demanda de

períodos; en la mayoría de los casos brindando una solución al problema que en ocasiones puede ser la solución óptima (López & Vergara, 2017).

(Ballou, 2004) plantea que los modelos heurísticos son herramientas valiosas para la toma de decisiones en el área de inventarios con demanda variable debido a su alta eficiencia y eficacia en la resolución de problemas, basándose en técnicas de búsqueda y exploración de soluciones que permiten obtener resultados satisfactorios en un tiempo razonablemente corto. La utilización de modelos heurísticos es común en situaciones en las que la complejidad del problema hace imposible encontrar la solución exacta en un tiempo razonable.

2.8.2. Tipos de modelos heurísticos utilizados en la gestión de inventario

Estas técnicas son beneficiosas en particular cuando las propiedades del problema y los datos de entrada se modifican con frecuencia, y el proceso de preparación de datos es tardado. El uso de enfoques heurísticos en lugar de modelos de optimización puede ser más práctico y ahorrar tiempo y recursos en una empresa (Wang et al., 2020).

El uso de técnicas de simulación también puede ser útil en la gestión de inventarios para encontrar la mejor solución posible. La simulación permite analizar diferentes escenarios y probar diferentes políticas de inventario, lo que puede ayudar a los tomadores de decisiones a tomar decisiones informadas y reducir los riesgos asociados a la gestión de inventarios (Valencia et al., 2015).

En el presente estudio, se contempló la heurística de Wagner-Whitin y la regla de Peterson-Silver.

2.8.2.1. Heurístico de Silver – Meal

La Regla de Peterson-Silver es una prueba para determinar cuándo la demanda es irregular, y el modelo se lo describe a continuación (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 262):

$$CT1 = S$$

$$CT2 = (S + D2 * H * (T2 - 1))S$$

$$CT3 = CT2 + (D3 * H * (T3 - 1))S$$

$$CT4 = CT3 + (D4 * H * (T4 - 1))S$$

$$CTn = CTn + (Dn * H * (Tn - 1))S$$

$$CTUTi = \frac{CTi}{Ti}$$

Donde (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 262):

- T_i = período i , por ejemplo, $T_2=2$
- S = costo de ordenar
- D_i = Demanda del período i
- H = Costo de mantener el inventario
- CT_2 : costo total del período 2 (costo total del período 1 + costo de mantener la demanda del período 2 durante 1 ($T-1=1$) período en inventario)
- CT_3 : costo total del período 3 (costo total del período 2 + costo de mantener la demanda del período 3 durante 2 ($T-1=2$) períodos en inventario)
- CT_4 : costo total del período 4 (costo total del período 3 + costo de mantener la demanda del período 4 durante 3 ($T-1=3$) períodos en inventario)

2.8.2.2. Algoritmo de Wagner y Whitin

Wagner-Whitin es un enfoque de optimización de la demanda irregular, el modelo matemático heurístico, se lo describe a continuación según (Sipper & Bulfin, 1998):

$$C_i = C_o + \min_{j=i, j+1, \dots, n} \{C_{j+1} + C_l [Q_{i+1} + 2Q_{i+2} + \dots + (j-1)Q_j]\}$$

Como todo modelo matemático se debe seguir pasos para su desarrollo (Sipper & Bulfin, 1998):

1. Definir el criterio de la función objetivo, el cual es minimizar costos de mantener y de ordenar.
2. Identificar y definir las variables además de las restricciones de balance, demanda, binaria, limite y no negatividad.

VARIABLES DE DECISIÓN:

X_i = Cantidad de unidades a ordenar en el periodo i

I_i = Inventario en unidades al final del periodo i

W_i = ¿En el periodo i se ordena?

$i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, \dots, n\}$

3. Formulación de la función objetivo.

$$Z_{MIN} = S(W_1 + W_2 + W_3 + W_n) + H(I_1 + I_2 + I_3 + I_n)$$

4. Resolver utilizando el software Win QSB por medio de la herramienta Linear and Integer Programming se puede obtener la solución al modelo formulado.

2.9. Pronóstico de inventario

El pronóstico es una proyección a futuro de un resultado esperado, considerando los datos históricos de las ventas o de la producción. (Camus Salazar, 2017) indica que un pronóstico “es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros”, hasta la última década era, en gran medida, un arte, pero también se ha convertido en una ciencia, un método de pronóstico debe seleccionarse cuidadosamente para el uso particular que se le pretenda dar; no existe un método universal de pronóstico para todas las situaciones.

La predicción de la demanda es una proyección que se elabora a futuro con la finalidad de predecir lo que puede pasar. La elaboración de pronósticos o proyecciones implica el uso de conocimientos previos para estimar posibles resultados en el futuro. Esta técnica se basa en experiencias pasadas y tiene como objetivo predecir expectativas del futuro (Mayta, 2017, pág. 27), de lo anterior se determina que el pronóstico considera los resultados anteriores de las ventas (demanda), para proyectar a futuro una determinada cantidad de producción que será requerida; de esta manera un pronóstico es un método que se utiliza para identificar una cantidad de producto que se requerirá en un largo o corto plazo de tiempo.

Pronosticar consiste en utilizar datos pasados para determinar acontecimientos futuros. No existe un método universal de pronóstico para todas las empresas lo que mejor funciona bajo un conjunto de condiciones en una, puede ser un desastre completo en otra organización (Camus Salazar, 2017).

2.9.1. Clasificación de los pronósticos

Hay dos clasificaciones de los métodos de pronósticos: los cualitativos y los cuantitativos. Los métodos de pronósticos cualitativos parten generalmente de juicios de expertos y se usan cuando no existen datos históricos de la variable bajo estudio, en cambio, cuando sí existen, son más socorridos los métodos cuantitativos, que a través de sus procedimientos matemáticos y estadísticos buscan ofrecer pronósticos objetivos (Montemayor, 2013).

El pronóstico a corto plazo tiene un tiempo programado de hasta un año, pero en la práctica o aplicación es menor a tres meses por ende se utiliza para planear los niveles de producción (Camus Salazar, 2017). Existen diversos métodos utilizados en el cálculo del pronóstico, dependiendo de su enfoque. Se debe recopilar datos históricos de las últimas ventas o producción para determinar el pronóstico de la demanda (ventas - producción).

Tabla 4.*Tipos de Modelos de pronósticos*

TIPO DE MODELO	DESCRIPCIÓN
Medias Móviles Ponderadas y Suavización exponencial simple	Se trata de asignar distintos pesos a cada valor de datos y luego calcular un promedio ponderado de los k valores de datos más recientes para obtener el pronóstico. Los métodos de pronóstico de demanda de series de tiempo como suavizamiento exponencial y media móvil simple son más efectivos cuando el patrón histórico de la demanda no muestra una tendencia o estacionalidad marcada. En particular en el caso del Suavizamiento Exponencial, si la serie de tiempo tiene una tendencia creciente se tiende a subestimar la demanda real y de forma análoga cuando la demanda presenta una tendencia decreciente el alisamiento exponencial tiende a sobrestimar el valor de la demanda real.
ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average):	Es un modelo estadístico que combina la regresión lineal con el análisis de series de tiempo. Es útil para pronosticar datos que exhiben tendencias, estacionalidad y comportamiento ocasional.

Modelo KNN (K-Nearest Neighbors):	Es un modelo de aprendizaje automático que se basa en la idea de que los puntos similares tienden a tener resultados similares. Se utiliza para pronosticar datos pesados en la similitud con los puntos de datos cercanos en un conjunto de entrenamiento.
Modelos de redes neuronales (MLP - Perceptrón Multicapa)	Son modelos de aprendizaje profundo que imitan el funcionamiento del cerebro humano. Utilizan capas de neuronas interconectadas para realizar cálculos y generar pronósticos. Son eficaces en la detección de patrones complejos y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones de pronóstico.

Nota. Adaptado de (Sipper & Bulfin, 1998).

A continuación, se detallan estos modelos:

2.9.1.1. Medias móviles ponderadas

La media móvil ponderada, es un método matemático que se utiliza para pronosticar o proyectar la producción o la demanda. Es una herramienta que nos proporciona el promedio del valor de un activo en un periodo específico de sesiones. Por ejemplo, una media móvil de 5 días calcula el promedio de los datos de los últimos 5 días, mientras que una media móvil de 20 días calcula el promedio de los últimos 20 días, y así sucesivamente. (Alegre, 2022).

La media móvil ponderada es una variante de la media simple que se usa para dar más peso o importancia a las cotizaciones más recientes en comparación con las cotizaciones anteriores dentro del período considerado. En lugar de tratar todas las cotizaciones por igual, se asigna un

factor de ponderación creciente a medida que avanzamos en el tiempo. Esto implica que los datos más actuales tienen mayor impacto al calcular la media móvil ponderada en comparación con los datos más antiguos. De esta manera, se busca reflejar con mayor precisión las tendencias y cambios recientes en el precio del activo en estudio.

2.9.1.2. Suavización exponencial simple

Este método no requiere una gran cantidad de datos históricos de la demanda, a diferencia de los métodos de promedio móvil simple y ponderado. Por ende, cada vez que se calcula el pronóstico, se remueve la observación anterior y es reemplazada por la demanda más reciente, y aquí es donde radica la ventaja (Betancourt, 2016, p. 1).

A pesar de la efectividad y confiabilidad de los dispositivos móviles, una de sus principales desventajas es la gran cantidad de información que se necesita almacenar para poder realizar los cálculos. Por otro lado, la metodología de suavización o alisado exponencial es una técnica de pronóstico de corto plazo que ofrece la ventaja de solo necesitar información del período anterior, lo que la hace más eficiente en términos de almacenamiento de datos (Gómez & Brito, 2020, pág. 122).

2.9.1.3. Métodos de promedios móviles integrados autorregresivos (ARIMA)

Este método ofrece una solución al relajar la suposición de independencia entre observaciones sucesivas en una serie de tiempo. La suposición de independencia no puede garantizarse en muchos casos, ya que las observaciones sucesivas pueden estar altamente interdependientes. Aunque los métodos de suavizamiento exponencial y promedios móviles son adecuados para series dependientes, se espera que los métodos que aprovechan esta dependencia ofrecen pronósticos más precisos. El método ARIMA más conocido es el enfoque de Box-Jenkins, nombrado así en honor a sus desarrolladores (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 150).

Los métodos ARIMA pueden preferirse como una combinación de promedios móviles o suavizamiento y técnicas de regresión. El pronóstico se basa en una función ponderada de datos históricos, lo que permite capturar una amplia gama de patrones para la predicción. Un ejemplo de un modelo de Box-Jenkins es el modelo autorregresivo del término de error (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 150).

Matemáticamente, los métodos ARIMA se expresan mediante ecuaciones que involucran coeficientes autorregresivos, coeficientes de promedios móviles y términos de diferenciación. Estos términos se ajustan a los datos históricos para construir un modelo que pueda usarse para predecir valores futuros de la serie de tiempo.

Matemáticamente tenemos (Sipper & Bulfin, 1998, pág. 150):

$$X_t = a_0 + a_1x_{t-1} + a_2x_{t-2} + \dots + a_kx_{t-k} + \varepsilon_t$$

2.9.1.4. Pronóstico KNN

Uno de los desafíos clave en los algoritmos de aprendizaje automático es ajustar los parámetros de entrada, ya que diferentes configuraciones pueden tener un impacto considerable en los resultados. En el caso específico del algoritmo KNN, es necesario definir de antemano el valor de k para determinar los k vecinos más cercanos. Un enfoque común para evaluar diferentes configuraciones de KNN es el método de validación cruzado conocido como "Hold out", donde se utiliza un conjunto de datos de entrenamiento para clasificar cada objeto según el modelo obtenido (González1 et al., 2016).

Se ejecuta este procedimiento múltiples veces con distintos valores de k, y se cuantifica una métrica de error, como el error relativo cuadrático medio promedio (RRMSE), que permite

determinar la mejor configuración. Este enfoque se basa en el trabajo de Spyromitros-Xioufis, Tsoumakas, (González1 et al., 2016).

Para la implementación del algoritmo, se obtuvo la herramienta MULAN (Tsoumakas, Spyromitros-Xioufis, Vilcek, y Vlahavas, 2011), que incorpora varios algoritmos de predicción con salidas compuestas en el paquete `mulan.regressor.transformation`. MULAN es una plataforma de software de código abierto diseñado para problemas que involucran múltiples salidas, como la clasificación multi-etiqueta y la clasificación de salidas compuestas (González1 et al., 2016).

Esta herramienta proporciona una amplia gama de algoritmos de predicción con salidas compuestas propuestas en la literatura. Sin embargo, los algoritmos PCR y PCT (Aho, Ženko, Džeroski, y Elomaa, 2012) se encuentran en el paquete CLUS, y pueden ejecutarse e implementarse en la herramienta MULAN a través del paquete `mulan.regressor.clus` (González1 et al., 2016).

En el contexto de este trabajo, se implementó la clase `IBKMTR.java`, que consideró cuatro combinaciones de algoritmos relacionados con variantes de uso de pesos y validación cruzada. Esta implementación abordará el problema de predicción con salidas compuestas de manera efectiva (González1 et al., 2016).

$$\hat{y}_i^n = \sum_{j: x_j \in N_k(\vec{x}^n)} y_t^f$$

$$d(\vec{x}^i, \vec{x}^j) = \sqrt{(\vec{x}^i - \vec{x}^j)^t (\vec{x}^i - \vec{x}^j)}$$

Más general sería la distancia Euclídina pesada

$$d(\vec{x}^i, \vec{x}^j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p w_k (x_k^i - x_k^j)^2}$$

En el proceso de predicción se puede utilizar como pesos la distancia inversa d^{-1} por cada objeto con respecto a sus vecinos. En este enfoque el valor de los vectores de salidas se obtendría como la media ponderada por la distancia de valores de salidas por cada vecino (González1 et al., 2016):

$$\hat{y}_i^n = \sum_{j: x_j \in N_k(\bar{x}^n)} \frac{1}{d(\bar{x}^i, \bar{x}^j)} y_t^i$$

CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Descripción general de la empresa

Establecida el 05 de septiembre de 1994 en la ciudad de Tulcán como un emprendimiento familiar, Mayra's panadería busca desde sus inicios satisfacer las necesidades de la ciudadanía ofreciendo productos de panadería y pastelería de la más alta calidad, elaborados de manera artesanal y con un sabor diferente al resto. La operación comercial de la empresa inició por la venta directa de sus productos en el sector centro de la ciudad de Tulcán con aproximadamente 60 clientes pertenecientes a dicho sector, siendo un local pequeño tuvo gran acogida debido a su amabilidad y cortesía que fueron los pilares que permitieron seguir en pie ya 28 años en el mercado. Es por esto que en el año 2021 la empresa decide ampliar y remodelar sus áreas de producción y ventas con el fin de brindar un mejor servicio a sus clientes.

Actualmente Mayra's panadería distribuye sus productos a varios locales comerciales entre ellos tiendas, minimarkets y más de 200 familias Tulcaneñas. Para llevar a cabo la operación logística la empresa cuenta con 1 vehículos con capacidad de 1,8 Ton. De esta manera la empresa opera eficientemente y brinda calidad y servicio a sus clientes.

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la empresa Mayra's, la cual se encuentra localizada en el cantón Tulcán, provincia del Carchi, ubicada en el centro de la ciudad, en la parroquia González Suarez: entre Cuenca y Panamá, como se presenta en la Figura 4.

Figura 4

Ubicación geográfica empresa panificadora Mayra's



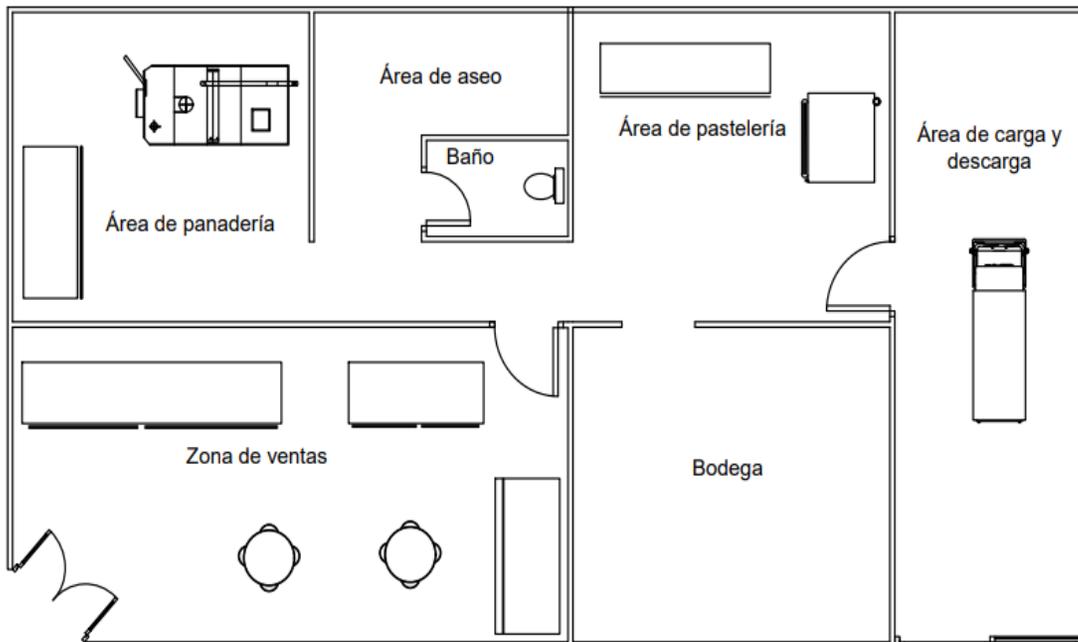
Fuente: (Google Maps, 2023)

3.1.2. Layout

A continuación, se presenta la Figura 5 para una mayor comprensión de cómo se encuentran distribuidas las áreas de la empresa Mayra's.

Figura 5

Distribución por áreas empresa panificadora Mayra's



3.2. Direccionamiento estratégico

3.2.2. Misión

Somos una panadería artesanal especializada en la producción y comercialización de diferentes productos de panadería y pastelería elaborados con la más alta calidad, higiene y frescura contando con personal capacitado, generando bienestar, satisfacción y calidad de vida a nuestros distinguidos y exigentes clientes.

En Mayra's Panadería queremos crear el hábito del buen comer para que los clientes se sientan seguros de lo que comen y sepan que siempre nos mantendremos con la misma calidad y frescura a los mejores precios.

3.2.3. Visión

Ser una panadería reconocida en toda la zona norte del país destacada por la calidad y originalidad de sus productos en panadería y pastelería proyectando un crecimiento y desarrollo integral a través de nuestra excelente calidad en los productos enfocados en la calidad más no en la cantidad haciendo uso de nuevas metodologías de producción y tecnologías de comercialización sabiendo que podemos cumplir todas nuestras metas con responsabilidad social y que la ciudadanía se sienta satisfecha con los productos que ofrecemos.

3.2.4. Valores

Los valores de Mayra's Panadería residen en el compromiso que la empresa tiene con sus clientes día con día a fin de brindar un servicio y productos de calidad, dichos valores institucionales son los siguientes:

- Responsabilidad
- Confianza
- Rapidez

- Transparencia
- Integridad
- Respeto
- Trabajo en Equipo
- Seguridad

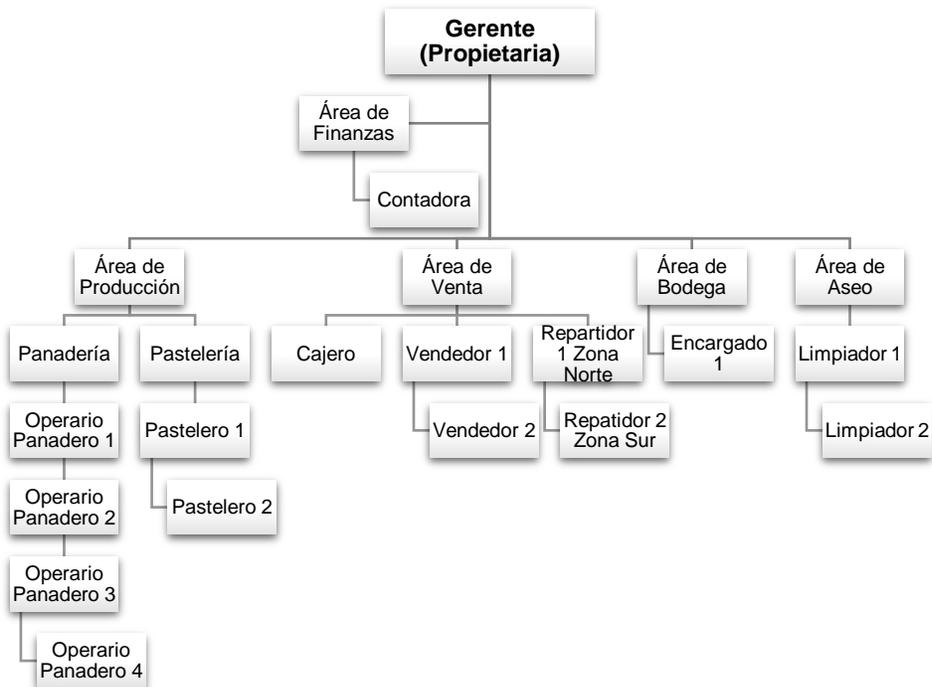
3.2.5. Estructura organizacional

El establecimiento cuenta con una debida organización jerárquica lo que permite fluidez en los procesos de producción y comercialización teniendo en cuenta el nivel estratégico y el nivel Operativo, siendo un total de 16 personas quienes trabajan en la panificadora.

Mayra's Panadería cuenta con un gerente que es la propietaria y 5 áreas debidamente identificadas: Finanzas, producción, ventas, bodega y aseo, como se muestra a continuación.

Figura 6

Organigrama estructural

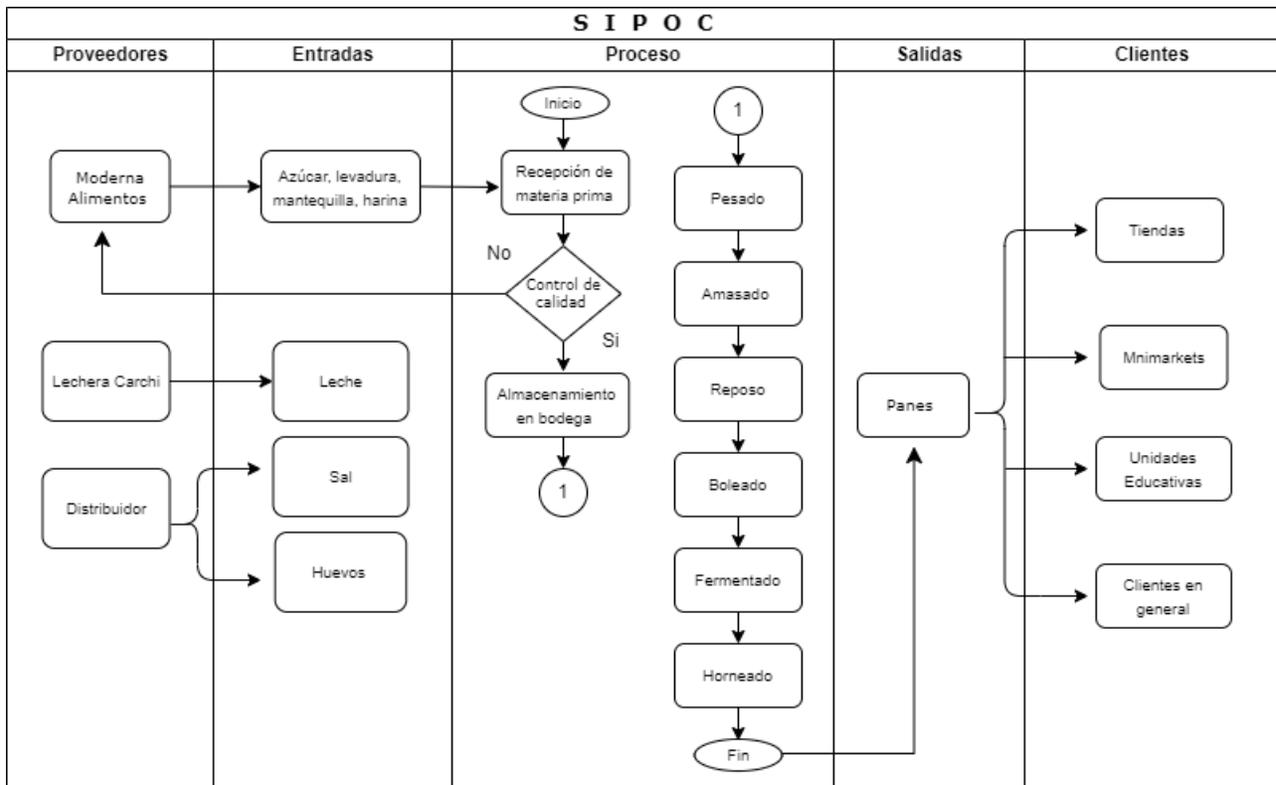


3.2.6. Diagrama SIPOC

Para una mejor comprensión se observa gráfica e ilustrativamente el proceso SIPOC que realiza la empresa. Este proceso comienza con los proveedores quienes son los encargados de abastecer de materia prima a la empresa para su posterior almacenamiento y transformación. Cuando el producto final está listo es llevado al área de ventas donde se entrega el producto al consumidor final. A continuación, se observa en la Figura 7 el diagrama SIPOC del pan, que es el producto de mayor demanda en la empresa.

Figura 7

Diagrama SIPOC panificadora Mayra's



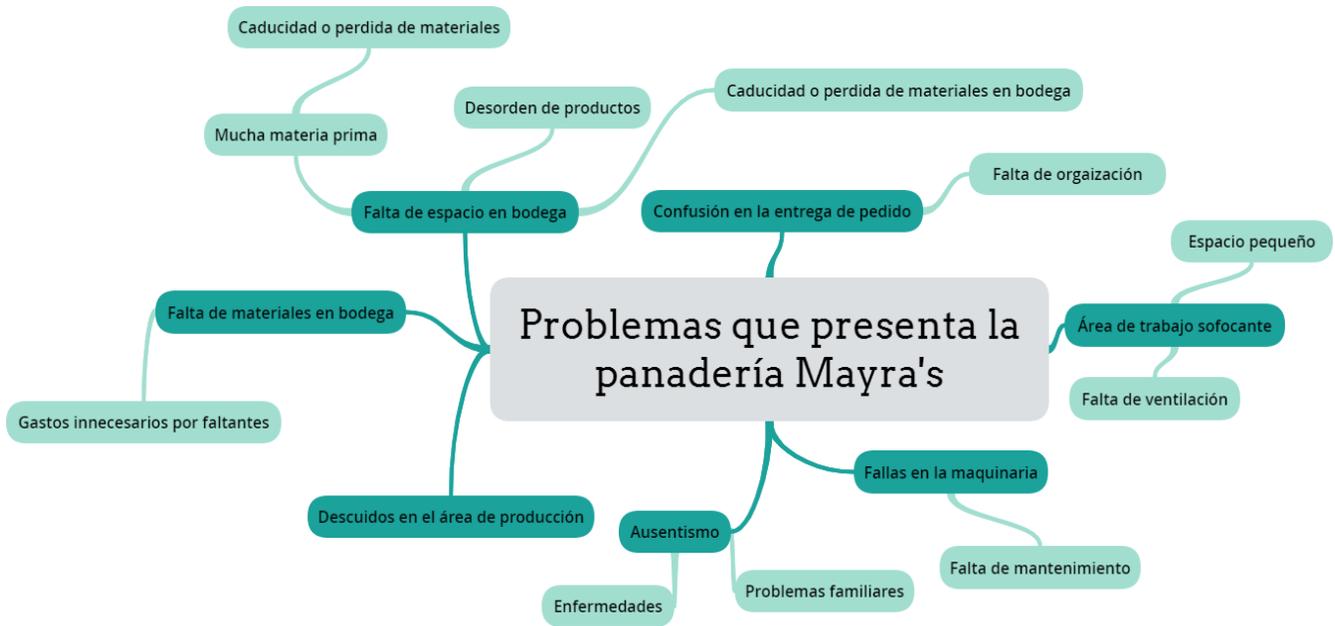
3.3 Identificación del problema

Se utilizaron dos herramientas para identificar la posible fuente del problema en la empresa. La primera fue la lluvia de ideas, también conocida como brainstorming, esta técnica se llevó a

cabo con la participación de todos los trabajadores de la empresa quienes dieron sus ideas sobre lo que consideran está afectando el éxito de la empresa. Estas ideas se organizaron en un mapa mental, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Lluvia de ideas problemas presentes en la panificadora Mayra's



Luego, se utilizó la segunda herramienta, el diagrama de Pareto, para priorizar las ideas y determinar en qué área y cuál es el problema que está afectando el rendimiento óptimo de la empresa. Obsérvese en la Tabla 5 y Figura 9.

Tabla 5

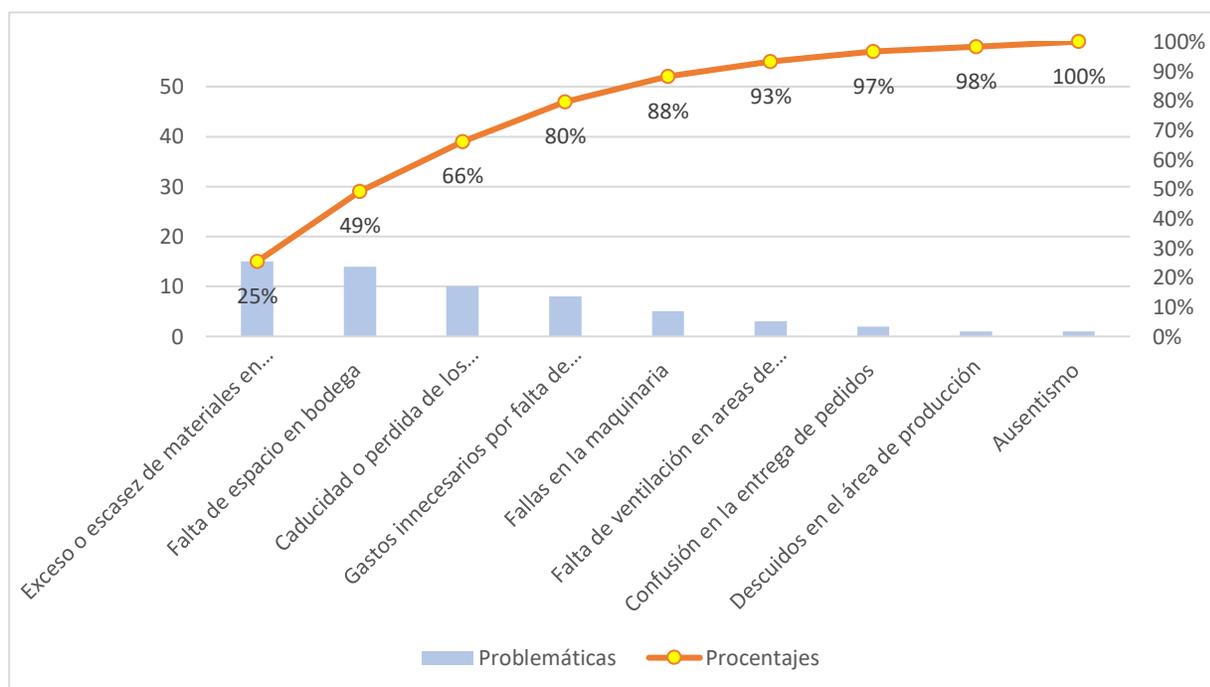
Priorización de problemáticas panificadora Mayra's

Problemáticas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Exceso o escasez de materiales en bodega	15	25%	25%
Falta de espacio en bodega	14	24%	49%

Caducidad o pérdida de los productos en bodega	10	17%	66%
Gastos innecesarios por falta de materia prima	8	14%	80%
Fallas en la maquinaria	5	8%	88%
Falta de ventilación en áreas de producción	3	5%	93%
Confusión en la entrega de pedidos	2	3%	97%
Descuidos en el área de producción	1	2%	98%
Ausentismo	1	2%	100%
Total	59		

Figura 9

Diagrama de Pareto panificadora Mayra's



La clasificación y priorización presentada en la figura 9 indica que el problema debe ser abordado principalmente desde la gestión logística, particularmente en el tema de inventarios, ya que el 20% de las causas presentadas representan el 80% de los problemas que tiene la empresa y están directamente relacionadas con esta temática: falta de espacio en bodega, exceso o escasez de materiales, desconocimiento de costos de inventario, caducidad o pérdida de productos, gastos

innecesarios por faltantes. Sin embargo es importante considerar las causales restantes ya que podrían contribuir al éxito de la empresa.

3.3.1. Malas prácticas de gestión de inventario

Seguidamente se muestran algunos ejemplos de las malas prácticas de gestión de almacenamiento en la empresa, donde se evidencia pérdidas monetarias de \$ 161,80, cabe recalcar que en años anteriores se dieron situaciones similares según testimonios del encargado de bodega. También se observó que los productos de la bodega no se encuentran debidamente organizados, como se muestra en el **ANEXO 1**. Otra posible causa de dichas situaciones es el mal manejo del stock de seguridad ya que la empresa lo realiza de acuerdo con su conocimiento y años de experiencia. Por lo tanto, el problema efectivamente es el manejo inadecuado del inventario de materia prima, por lo que es necesario conocer el proceso de abastecimiento que lleva la empresa y realizar un análisis actual de inventario, a fin de poder solucionar el problema y mejorar las condiciones de la bodega.

En la Tabla 6 se presenta las malas prácticas de gestión de inventario observadas en la empresa.

Tabla 6

Malas prácticas de gestión de inventario panificadora Mayra's

Bodega	Producto	Argumentación	Cantidad	Precio (proveedor)	Precio (Bodega)	Perdida monetaria	Gastos innecesarios por falta de materia prima
Bodega principal	Mermelada de 5kg	Productos caducados	2	\$ 4,08	\$ 6,05	\$ 8,16	\$ -
	Cubeta de huevos de 30 unidades	Productos caducados	5	\$ 3,50	\$ 3,75	\$ 17,50	\$ -
	Levadura de 500 gramos	Productos caducados	6	\$ 1,40	\$ 1,80	\$ 8,40	\$ -

	Queso fresco de 450 gr	Falta de stock en bodega	6	\$ 2,25	\$ 2,50	\$ -	\$ 1,50
	Merengue Hayball de 2 kg	Falta de stock en bodega	3	\$ 33,42	\$ 36,50	\$ -	\$ 9,24
Bodega secundaria	Azúcar blanco especial LA TRONCAL de 50kg	Productos en mal estado por humedad	3	\$ 39,00	\$ 42,00	\$ 117,00	\$ -
						Total	\$ 151,06
						Total perdidas	\$ 161,80

3.4. Descripción del proceso de abastecimiento

El proceso de gestión de inventario en la empresa inicia cuando el gerente solicita revisión de stock en bodega, el encargado de bodega revisa las existencias e informa al gerente si es necesario el reabastecimiento caso contrario se termina el proceso. En caso de necesitar reabastecerse el gerente contacta a los proveedores y ordena el pedido, el proveedor recibe y acepta el pedido y lo envía a la empresa.

El encargado de bodega recibe los productos con factura y revisa si el pedido está correcto, caso contrario rechaza el pedido y se vuelve a contactar al proveedor. En caso de ser correcto el pedido el encargado de bodega acepta el pedido y almacena los productos en bodega. En el **ANEXO 2** se muestra el flujograma del proceso de abastecimiento de la empresa.

3.5. Análisis de inventarios

La panificadora Mayra's tiende a trabajar con varias materias primas para la elaboración de sus productos por lo que con ayuda del gerente general y el encargado de bodega, se analizó cada producto existente en esta área, actualmente la empresa cuenta con 46 productos que se

denominarán SKU, los cuales están clasificados en 15 categorías, como se presenta en el **ANEXO**

3. Dando como ejemplar el SKU_1 presentado a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7

Ejemplo de inventario panificadora Mayra's

Código SKU	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	PRECIO
SKU_1	Harina	Harina FRANCE SUPERIOR de 50kg	\$ 41,86

El código (SKU_1) asignado anteriormente es una base para la empresa, ya que en la bodega no existe codificación de productos.

3.6. Índice de rotación

Permite determinar con qué frecuencia se renuevan o salen los productos del almacén, y por lo tanto, la efectividad en el uso del capital. Así, se puede observar que la rotación de productos es normal ya que al tratarse de una panadería, todos los productos son importantes, sin embargo el SKU_43 (fresas) tiene el índice de rotación más alto, con 274 veces en el año, mientras que el SKU_4 (Harina pan vaso) tiene el índice más bajo, con 13 veces. Dicho en otras palabras si el índice de rotación es alto significa menos costos de almacenamiento y mayor beneficio para la organización o por el contrario si el inventario tiene una lenta rotación incurre en altos costos de almacenamiento y una baja rentabilidad para la empresa. En el **ANEXO 4**, se muestran los resultados del índice de rotación de cada producto almacenado en bodega. A continuación se observa como ejemplo el SKU_ 1.

Tabla 8

Índice de rotación

SKU	Demanda	Inventario promedio	Índice de rotación	Índice de rotación de rotación en días
SKU_1	26246,22	1632,54	16	22

3.8 Clasificación ABC

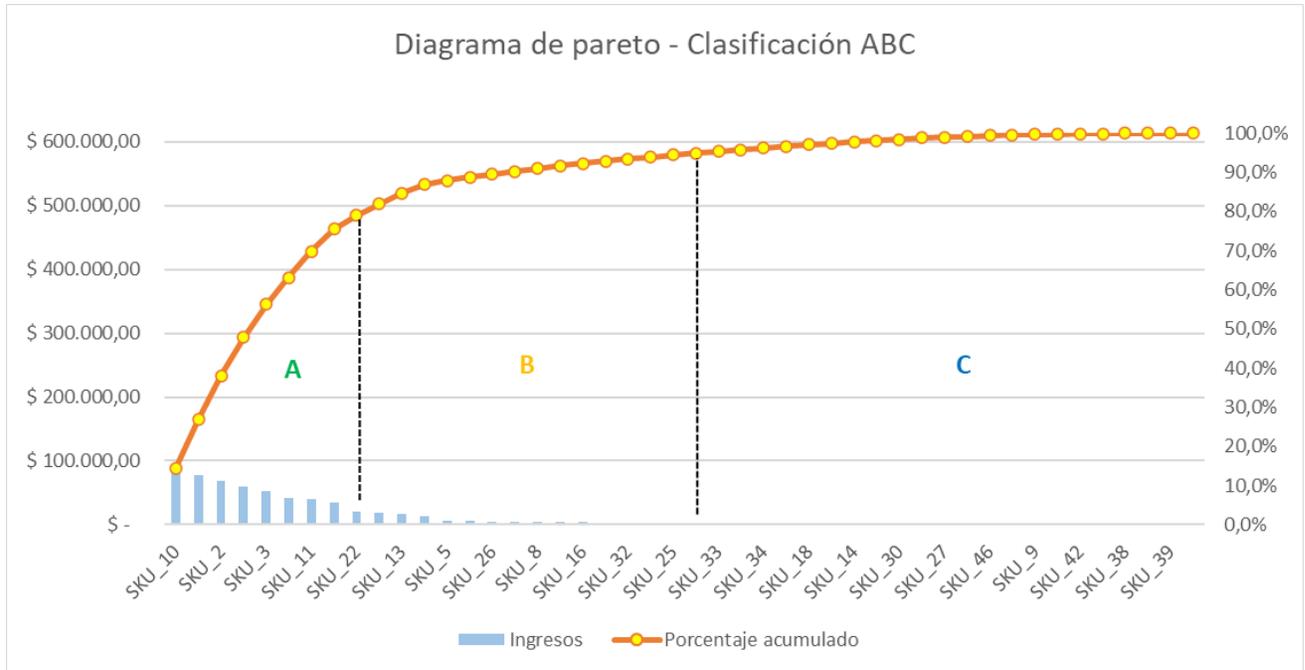
La clasificación ABC se llevó a cabo en base a la aplicación del principio 80-20 o también llamado principio de Pareto, el objetivo fue priorizar los productos con mayor impacto para la panificadora Mayra's, debido a que en la empresa existen productos que tienen mayor grado de importancia para la producción diaria de los productos para la venta. Esta clasificación se desarrolló tomando en cuenta 28 periodos desde enero del 2021 hasta abril del 2023, los productos se clasificaron en tres categorías A, B y C. Para la asignación de cada categoría se estimó el volumen de demanda y el valor monetario de cada inventario.

En el **ANEXO 5** se muestra la participación de los diferentes productos y la categoría a la que cada uno pertenece, para esta clasificación se organizó el número total de productos en bodega y se multiplicó las unidades demandadas a lo largo de los periodos estudiados por su costo unitario, seguido se procedió a ordenar el resultado en forma descendente es decir de mayor a menor, luego se calculó el porcentaje de ingresos en dólares de cada SKU, a continuación se realizó el cálculo del porcentaje acumulado, el mismo que al final da un total de 100%, seguido se procedió a la aplicación del sistema ABC para determinar a que categoría pertenece cada producto en bodega, A (0 a 80%), B(81 a 95%) y C (96 a 100%). Por último se calculó el porcentaje de participación de artículos, este valor se encuentra, dividiendo el número de rango de cada SKU, para el total de items existentes que es 46.

En la Figura 10, se muestra gráficamente la clasificación ABC de los inventarios de materias primas aplicando el principio de Pareto, que se realizó en la empresa.

Figura 10

Clasificación ABC panificadora Mayra's



La Tabla 9 explica brevemente los resultados obtenidos al aplicar el método de clasificación ABC, que da como resultado la distribución de los 46 productos:

Tabla 9

Resultados de clasificación ABC

Diagrama de Pareto - Análisis ABC					
ESTIMACIÓN	CLASIFICACIÓN	NÚMERO DE PRODUCTOS	INGRESOS	% INGRESOS	% PARTICIPACIÓN DE ARTICULOS
0-80%	A	9	\$ 484.420,44	80%	20%
81-95%	B	15	\$ 97.531,37	15%	33%
96-100%	C	22	\$ 31.842,64	5%	47%
		46	\$ 613.794,45	100%	100%

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO

En el presente capítulo se realiza la propuesta de mejora de la gestión de inventario para la empresa panificadora Mayra's, iniciando con el análisis y validación de datos históricos, cálculo de estacionalidad y usando herramientas de pronóstico. Se comparó los resultados obtenidos con la finalidad de llevar una correcta planificación del abastecimiento, minimizar los costos de mantener y ordenar inventarios y por ende mejorar la rentabilidad de la empresa.

4.1. Obtención, análisis y validación de datos históricos

Para realizar el proceso se tomó en cuenta el registro del uso mensual de los diferentes materiales, donde se determinaron 15 familias de productos de los cuales se desglosan 46 materias primas.

Estos datos fueron analizados y validados juntamente con el gerente, creando así una base de datos históricos con 28 meses, los cuales van desde enero del 2021 hasta abril del 2023, como se muestra en el **ANEXO 6**.

4.2 Análisis de estacionalidad

Una vez que se estudió y validó la base de datos, es necesario realizar un análisis de estacionalidad de la serie de tiempo, este procedimiento se efectúa mediante el software R el cual proporciona resultados que permiten conocer los patrones de conducta de las series de tiempo. En el **ANEXO 7** se observa dicho código de R.

El procedimiento para el análisis de estacionalidad en el software R fue el siguiente:

1. Se elabora un nuevo proyecto en el software, mediante este se forma una carpeta donde se copia el Excel con la base de datos de la empresa ya sea en formato CSV o en formato Excel (delimitado por comas).

2. Se crea un R SCRIPT el cual se lo guarda en la misma carpeta antes elaborada. En este script se copia el código que nos proporciona el CRAN o la base de datos del software.
3. Luego se introduce la base de datos histórica de demanda en uno de los apartados del código.
4. A continuación, se modifica el año y mes en el cual comienza la base de datos en este caso Enero del 2021.
5. Se introduce el nombre del artículo tal y como está en la base de datos (SKU_1).
6. Se da clic en la pestaña RUN, en este momento el software analiza la información introducida y mediante la prueba Dickey – Fuller se identificará si la base de datos es estacional o no.
7. De esta manera se analiza la estacionalidad para todos los SKU.

La prueba de estacionalidad Dickey Fuller identifica la existencia de datos atípicos en una serie de tiempo. Mediante este método se obtiene como resultado el valor de P - value que es el que indica la estacionalidad del artículo. Los valores críticos para estimar esta serie de tiempo como estacional están en un rango de 1% a 5% caso contrario se considera la serie de tiempo como no estacional. Los resultados obtenidos se muestran en el **ANEXO 7**. Sin embargo, a continuación se presenta una tabla resumen.

Tabla 10

Análisis de estacionalidad de la serie de tiempo

ARTÍCULO	Prueba Dickey Fuller	
	P-value	Estacionalidad
SKU_10	0,01	SI
SKU_21	0,03	SI
SKU_2	0,01	SI

SKU_1	0,04	SI
SKU_3	0,09	NO
SKU_17	0,09	NO
SKU_11	0,01	SI
SKU_12	0,14	NO
SKU_22	0,02	SI

Como se observa en la Tabla anterior, 3 de 9 SKU son no estacionales lo que quiere decir que existen datos atípicos, esto se da porque existen temporadas donde las ventas varían más que otros meses, debido que al ser fechas especiales se realiza publicidad de productos de mayor demanda por lo que los pedidos aumentan considerablemente. Esto ocurre en los meses de Febrero, Mayo, Junio, y Noviembre.

Por otro lado, para poder realizar los pronósticos correctamente la serie de tiempo debe ser estacional por lo que es necesario analizar las diferencias que existen entre los datos y así poder ajustar la serie de tiempo. En el **ANEXO 8** se observa el código y las series no estacionales ajustadas. La siguiente Tabla muestra los resultados obtenidos.

Tabla 11

Prueba Dickey Fuller serie de tiempo ajustada

ARTÍCULO	Prueba dickey Fuller	
	P-value	Estacionalidad
SKU_10	0,01	SI
SKU_21	0,03	SI
SKU_2	0,01	SI
SKU_1	0,04	SI
SKU_3	0,01	SI
SKU_17	0,01	SI
SKU_11	0,01	SI
SKU_12	0,01	SI
SKU_22	0,02	SI

4.3 Pronóstico de la demanda

Una vez analizadas y ajustadas las series de tiempo se procedió a realizar los diferentes modelos de pronósticos de la demanda, en este caso se desarrolló tres modelos mediante el software R studio, donde se analizó el error RMSE por artículo en cada modelo, con el fin de seleccionar el modelo de pronóstico adecuado.

4.3.1 Modelo Arima

Para la realización de este pronóstico mediante el software R studio, se utilizó la base de datos y su respectivo código habilitando los paquetes necesarios para su correcta ejecución. En las tablas que se muestran a continuación se presenta los valores de pronóstico y errores obtenidos del modelo Arima. Adicionalmente, en el **ANEXO 9** se puede observar el código, pronósticos y errores de forma gráfica para cada SKU.

Tabla 12

Pronósticos modelo Arima

AÑO	MES	SKU_10	SKU_21	SKU_2	SKU_1	SKU_3	SKU_17	SKU_11	SKU_12	SKU_22
2023	Mayo	27	781	61	54	47	35	27	40	38
	Junio	27	787	60	51	46	37	25	40	40
	Julio	27	785	60	52	46	38	26	40	40
	Agosto	27	786	60	51	46	38	26	40	40
	Septiembre	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Octubre	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Noviembre	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Diciembre	27	785	60	51	46	38	26	40	40
2024	Enero	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Febrero	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Marzo	27	785	60	51	46	38	26	40	40
	Abril	27	785	60	51	46	38	26	40	40

Tabla 13

Error RMSE modelo Arima

ARTÍCULO	MODELO ARIMA
	RMSE
SKU_10	5,83
SKU_21	148,03
SKU_2	0,01
SKU_1	9,78
SKU_3	9,05
SKU_17	7,45
SKU_11	5,59
SKU_12	7,99
SKU_22	8,11

4.3.2 Modelo MLP

Otro modelo de pronóstico es el MLP o redes neuronales, este tiene la capacidad de aprendizaje obteniendo datos satisfactorios y cercanos a los datos reales con algunos errores debido a que se basa en la estructura y la forma en que funciona el cerebro humano. Para la obtención de pronósticos mediante RNAs se utilizó la base de datos y el código con sus respectivas librerías dentro del software R studio. En el **ANEXO 10** se puede observar el código, los resultados gráficos obtenidos mediante este modelo. De igual forma se presenta un resumen en las siguientes tablas.

Tabla 14

Pronóstico modelo MLP

AÑO	MES	SKU_10	SKU_21	SKU_2	SKU_1	SKU_3	SKU_17	SKU_11	SKU_12	SKU_22
2023	Mayo	25	948	69	61	47	44	19	55	45
	Junio	30	622	78	43	35	25	37	17	46
	Julio	17	954	70	33	61	35	26	29	58
	Agosto	18	569	54	36	43	39	20	38	42
	Septiembre	28	831	57	40	52	51	32	39	37
	Octubre	29	699	60	34	30	46	20	45	27
	Noviembre	32	1120	62	60	69	48	24	59	28
	Diciembre	37	594	56	34	39	31	33	14	40
2024	Enero	23	810	59	41	53	25	22	27	53
	Febrero	22	625	67	49	30	35	23	39	57

	Marzo	28	804	63	41	62	22	32	38	54
	Abril	31	713	59	30	44	28	26	47	31

Tabla 15

Error RMSE modelo MLP

ARTÍCULO	MODELO MLP
	RMSE
SKU_10	0,29
SKU_21	5,16
SKU_2	0,33
SKU_1	5,19
SKU_3	0,26
SKU_17	0,63
SKU_11	0,86
SKU_12	2,36
SKU_22	0,09

4.3.3 Modelo KNN

Para la obtención de pronósticos en base al modelo KNN mediante el software R studio, se utilizó la base de datos y su respectivo código habilitando los paquetes necesarios para su correcta ejecución. En el **ANEXO 11** se presenta el código y los resultados gráficos del pronóstico de cada artículo pronosticado. Además, en las tablas siguiente se observa un resumen de dichos resultados.

Tabla 16

Pronóstico modelo KNN

AÑO	MES	SKU_10	SKU_21	SKU_2	SKU_1	SKU_3	SKU_17	SKU_11	SKU_12	SKU_22
2023	Mayo	27	1017	82	73	50	40	22	53	33
	Junio	32	603	63	48	47	38	29	23	36
	Julio	34	775	49	44	50	36	27	33	46
	Agosto	32	791	54	54	42	42	27	40	46
	Septiembre	23	784	58	50	53	48	25	35	44

	Octubre	23	783	62	50	45	51	23	37	31
	Noviembre	32	1034	82	75	66	50	23	51	34
	Diciembre	30	601	62	49	40	43	33	20	35
2024	Enero	20	778	47	52	42	30	25	31	39
	Febrero	28	724	60	63	62	41	22	39	41
	Marzo	30	780	50	53	53	29	30	34	47
	Abril	33	783	51	49	42	32	25	37	40

Tabla 17

Error RMSE modelo KNN

ARTÍCULO	MODELO KNN
	RMSE
SKU_10	10,33
SKU_21	155,32
SKU_2	12,98
SKU_1	8
SKU_3	12,05
SKU_17	9,22
SKU_11	7,86
SKU_12	7,4
SKU_22	11,79

4.4 Comparación de resultados

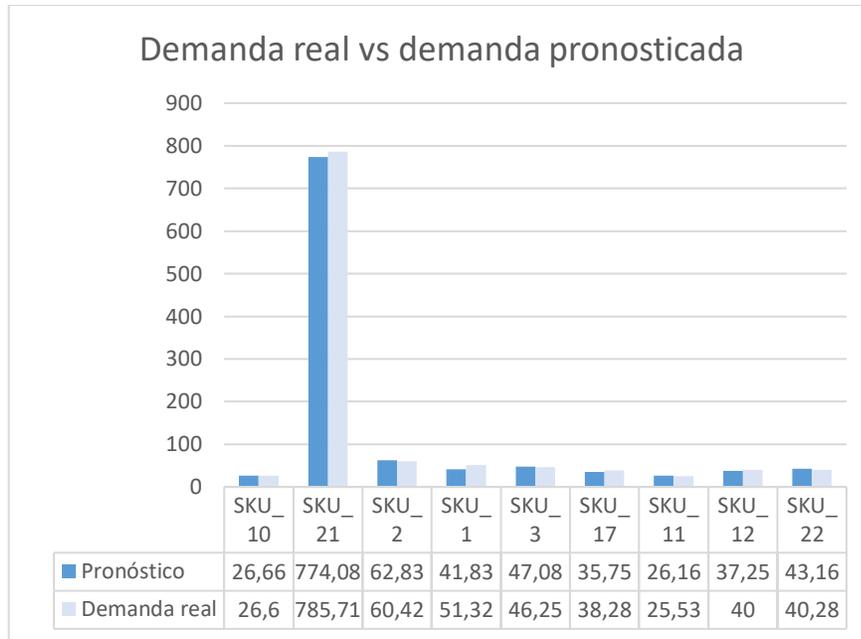
Una vez encontrados los resultados de los tres modelos de pronósticos se procedió a comparar los errores RMSE donde se dedujo que los modelos adecuados para la propuesta de mejora de la gestión de inventario son los modelos de pronóstico MLP para los SKU_ 10,21,1,3,17,11,12 y 22, y el modelo ARIMA para el SKU_2. Esto va a permitir que los cálculos a realizar en los modelos de inventario sean más acertados debido a los bajos índices de error. En la Tabla 18 se observa el cuadro comparativo de errores.

Tabla 18*Resultados de errores*

ERRORES			
Artículo	Modelo ARIMA	Modelo MLP	Modelo KNN
	RMSE	RMSE	RMSE
SKU_10	5,83	0,29	10,33
SKU_21	148,03	5,16	155,32
SKU_2	0,01	0,33	12,98
SKU_1	9,78	5,19	8
SKU_3	9,05	0,26	12,05
SKU_17	7,45	0,63	9,22
SKU_11	5,59	0,86	7,86
SKU_12	7,99	2,36	7,4
SKU_22	8,11	0,09	11,79

Luego de conocer los resultados del índice de error de cada modelo y de elegir los adecuados para esta investigación (Modelo MLP, Modelo ARIMA), se procedió a efectuar un gráfico comparativo entre la demanda real de materias primas y la demanda pronosticada por el software, en unidades. Se puede observar la similitud de los datos comparados, con lo que se ratifica que el modelo elegido para trabajar es el adecuado y contribuirá a mejorar la gestión de inventarios de la empresa. Como se muestra en la Figura 11.

Figura 11*Comparación de demanda real vs. pronosticada*



4.5 Costos asociados a los inventarios de productos en bodega

Los inventarios de productos en bodega de la panificadora Mayra's se encuentran determinados por costos de adquisición, ordenar y mantener; siendo los costos de adquisición variables dependiendo del precio que se encuentre en el mercado. En cuanto al costo de ordenar se toma en cuenta factores como: sueldos, costo de transporte, internet y costo de llamadas telefónicas. Por otro lado el costo por mantener es 4% del costo de adquisición de cada producto según lo estimado por la panificadora. Tomando en cuenta sueldos, servicios básicos, impuestos, gastos de mantenimiento, entre otros. Además, se conoce que la política de compras de MP de la panificadora es mensual. En la Tabla 19 se muestran los costos de cada producto de la clasificación A.

Tabla 19

Costos asociados a los inventarios

SKU	Costo de adquisición	Costo por mantener	Costo por ordenar	Costo total anual por mantener inventario	Costo total anual por ordenar inventario	Costo total anual de inventario
SKU_10	\$ 118,02	\$ 4,72	\$ 187,37	\$ 1.699,49	\$ 2.248,43	\$3.947,92
SKU_21	\$ 3,50	\$ 0,14	\$ 150,34	\$ 1.344,00	\$ 1.804,07	\$3.148,07
SKU_2	\$ 40,61	\$ 1,62	\$ 213,39	\$ 1.949,28	\$ 2.560,67	\$4.509,95
SKU_1	\$ 41,86	\$ 1,67	\$ 114,99	\$ 1.004,64	\$ 1.379,88	\$2.384,52
SKU_3	\$ 40,00	\$ 1,60	\$ 110,34	\$ 960,00	\$ 1.324,08	\$2.284,08
SKU_17	\$ 39,00	\$ 1,56	\$ 68,84	\$ 561,60	\$ 826,07	\$1.387,67
SKU_11	\$ 56,76	\$ 2,27	\$ 95,48	\$ 817,34	\$ 1.145,75	\$1.963,09
SKU_12	\$ 31,76	\$ 1,27	\$ 57,98	\$ 457,34	\$ 695,75	\$1.153,09
SKU_22	\$ 18,50	\$ 0,74	\$ 54,74	\$ 426,24	\$ 656,87	\$1.083,11
						\$21.861,50

4.6. Políticas de inventario

4.6.1. Stock de seguridad

Es el inventario extra que se tiene en bodega con el propósito de cubrir imprevistos relacionados con los cambios de la demanda. En vista de que la demanda de la empresa es variable, resulta imprescindible conocer el nivel mínimo de existencias para que la empresa no experimente quiebres de inventario.

La fórmula para el cálculo del stock de seguridad es la siguiente:

$(\text{Plazo máximo garantizado} - \text{Plazo de entrega habitual}) \times \text{Demanda media de producto}$.

En la Tabla 20 presentada a continuación se observan los resultados obtenidos.

Tabla 20

Stock de seguridad

Artículo	Plazo máximo de entrega	Plazo de entrega habitual	Demanda media	Stock de seguridad mensual
SKU_10	10	5	0,87	4,35
SKU_21	3	1	1,54	3,08
SKU_2	10	7	1,95	5,85
SKU_1	10	7	1,68	5,04
SKU_3	10	7	1,54	4,62
SKU_17	10	5	1,28	6,40
SKU_11	10	5	0,81	4,05
SKU_12	10	5	1,26	6,30
SKU_22	10	5	1,28	6,40

Considerando como ejemplo el SKU_10, el stock mínimo de seguridad será de 4,35 unidades, es decir que el encargado de bodega deberá comunicar al gerente la necesidad de acelerar los procesos de compra, ya que la empresa puede caer en quiebre de inventario lo que afectaría la producción y por lo tanto la rentabilidad de la panificadora.

4.6.2. Punto de reorden

La gestión de inventarios es una tarea integral, por lo que es importante complementar diferentes herramientas de tal forma que se cuiden los costos y se evite desabastecimiento. El punto de reorden precisamente permite determinar un stock mínimo de existencias a fin de evitar el quiebre de stock y por ende el detenimiento de producción que conlleve a pérdidas monetarias, que se logra considerando el consumo diario y el plazo de entrega que tarda el proveedor en cumplir con un pedido.

Para calcular el punto de reorden se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de reorden} = \text{Plazo de entrega} * \text{Consumo diario}$$

En la Tabla 21 que se muestra a continuación, se determinan las cantidades mínimas de stock de los artículos de la clasificación A.

Tabla 21*Punto de reorden*

Artículo	Plazo de entrega	Consumo diario	Punto de reorden
SKU_10	10	0,89	9
SKU_21	3	25,47	79
SKU_2	10	1,99	26
SKU_1	10	1,71	22
SKU_3	10	1,57	20
SKU_17	10	1,3	19
SKU_11	10	0,83	12
SKU_12	10	1,29	19
SKU_22	10	1,31	20

Considerando como ejemplo el SKU_10, el punto de reorden será de 9 unidades, es decir que el encargado de bodega deberá comunicar al gerente la necesidad de realizar un nuevo pedido al proveedor, cuando existan 9 cajas de manteca de 55kg.

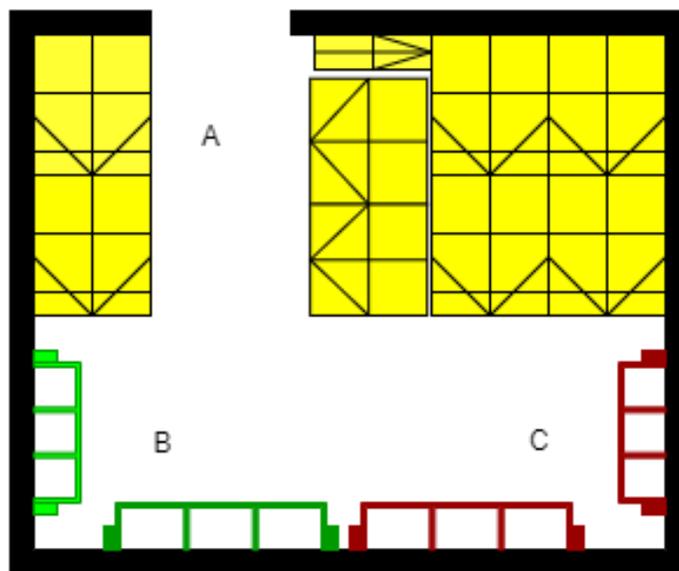
4.7. Organización de la bodega

Otro aspecto importante a tomar en cuenta para mejorar la gestión de inventarios en la panificadora Mayra's es llevar una correcta organización de los productos en bodega, en la Figura 12 se presenta la manera adecuada de cómo se deberían organizar las materias primas, en base a la clasificación ABC realizada en la Tabla 9 del capítulo 3. Los productos clasificados como A deben estar cerca del área de descarga, debido a que son los de mayor demanda en la empresa, los pertenecientes a la clasificación B en segundo lugar y los de la clasificación C en último lugar. El propósito de esta organización es evitar tiempos improductivos, conocer el lugar exacto de cada producto almacenado y lo más importante llevar un correcto control de toda la mercadería en bodega. Se plantea que, para gestionar y evitar caducidad o daños en los productos ya que son

perecederos, se utilice métodos de control de inventario como el uso de Kardex por cada tipo de productos aplicando el método FIFO a fin de llevar una correcta planificación para el abastecimiento, conocer las existencias reales de materias primas, evitar pérdidas u obsolescencias de productos y reducir costos de inventario.

Figura 12

Organización de bodega método ABC



4.8. Aplicación de modelos heurísticos

Para la elaboración de modelos heurísticos es necesario los pronósticos, costos de pedido, mantenimiento y adquisición de cada SKU. El propósito de aplicación de estos modelos de inventario es reducir los costos de mantener y ordenar además de dar a conocer las cantidades y periodos para hacer un pedido. Una vez obtenida la información necesaria se procede a la aplicación de los modelos heurísticos Silver Meal y Wagner Whitin.

4.8.1. Silver Meal

El método se aplica con la finalidad de minimizar los costos de inventario a través de pedidos óptimos tanto en cantidad como en periodo. Para ello se aplica el modelo en una hoja de cálculo de Excel, usando los datos de costo por ordenar, costo de adquisición y costo por mantener, tomando como ejemplar el SKU_10 se desarrolló el modelo como se muestra a continuación. En el ANEXO 12 se muestra la aplicación del modelo para todos los demás SKU de la clasificación A.

Figura 13

Modelo de inventario Silver Meal

\$ 4,72	H		SKU_10							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	25	187,37						187,37	187,37	187,37
2	30		\$ 141,60					\$ 141,60	\$ 328,97	\$ 164,49
3	17			\$ 160,48				\$ 160,48	\$ 489,45	\$ 163,15
4	18				\$ 254,88			\$ 254,88	\$ 744,33	\$ 186,08
5	28									
6	29									
7	32									
8	37									
9	23									
10	22									
11	28									
12	31									

\$ 4,72	H		SKU_10							
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	18	187,37						187,37	187,37	187,37
2	28		\$ 132,16					132,16	319,53	159,765
3	29			\$ 273,76				\$ 273,76	593,29	197,7633

\$ 4,72	H		SKU_10							
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	29	187,37						187,37	187,37	187,37
2	32		151,04					151,04	338,41	169,205
3	37			\$ 349,28				\$ 349,28	687,69	229,23

\$ 4,72	H	SKU_10								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	37	187,37						187,37	187,37	187,37
2	23		108,56					108,56	295,93	147,965
3	22			\$ 207,68				\$ 207,68	\$ 503,61	\$ 167,87
\$ 4,72	H	SKU_10								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	22	187,37						187,37	187,37	187,37
2	28		132,16					132,16	319,53	159,765
3	31			\$ 292,64				\$ 292,64	612,17	204,0567
\$ 4,72	H	SKU_10								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	31	187,37						187,37	187,37	187,37

De acuerdo con la información obtenida se determinó que para minimizar costos es necesario realizar 6 pedidos durante todo el año específicamente en los meses de Mayo, Agosto, Octubre, Diciembre, Febrero y Abril. Considerando el ejemplo, se cumpliría con el total de la demanda anual por un costo total de 2096,54 dólares. La planificación de compra por cantidad y periodo del SKU_10 se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23

Planificación de compra modelo Silver Meal SKU_10

Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	25	72	47	221,84	187,37	\$ 118,02	409,21
2	30		17	80,24		\$ 118,02	80,24
3	17		0	0		\$ 118,02	0
4	18	46	28	132,16	187,37	\$ 118,02	319,53
5	28		0	0		\$ 118,02	0
6	29	61	32	151,04	187,37	\$ 118,02	338,41
7	32		0	0		\$ 118,02	0
8	37	60	23	108,56	187,37	\$ 118,02	295,93
9	23		0	0		\$ 118,02	0
10	22	50	28	132,16	187,37	\$ 118,02	319,53
11	28		0	0		\$ 118,02	0

12	31	31	31	146,32	187,37	\$ 118,02	333,69
							2096,54

4.8.2 Wagner Whitin

Otro de los métodos de inventario usados para reducir costos y conocer el pedido optimo en cuanto a cantidad y periodo es el modelo Wagner Whitin. El modelo se desarrolló en el software R studio considerando como ejemplo el SKU_10 con la siguiente codificación. En el **ANEXO 13** se muestra la aplicación del modelo para todos los demás SKU de la clasificación A.

Figura 14

Código Wagner Whitin

```
# sku_10
library(SCperf)
x<-c(25,30,17,18,28,29,32,37,23,22,28,31)
a<-187.37
h<-4.72
ww(x,a,h,method =c("forward"))
|
```

Una vez que se corre el código se obtienen los resultados presentados en la siguiente figura.

Figura 15

Modelo de inventario Wagner Whitin SKU_10

```

TVC:
[1] 1912.46

Solution:
      [,1]  [,2]  [,3]  [,4]  [,5]  [,6]  [,7]  [,8]
[1,] 187.37    NA    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[2,] 328.97  374.74    NA    NA    NA    NA    NA    NA
[3,] 489.45  454.98  516.34    NA    NA    NA    NA    NA
[4,] 744.33  624.90  601.30  642.35    NA    NA    NA    NA
[5,] 1272.97 1021.38  865.62  774.51  788.67    NA    NA    NA
[6,] 1957.37 1568.90 1276.26 1048.27  925.55  961.88    NA    NA
[7,] 2863.61 2324.10 1880.42 1501.39 1227.63 1112.92 1112.92    NA
[8,] 4086.09 3371.94 2753.62 2199.95 1751.55 1462.20 1287.56 1300.29
[9,] 4954.57 4131.86 3404.98 2742.75 2185.79 1787.88 1504.68 1408.85
[10,] 5889.13 4962.58 4131.86 3365.79 2704.99 2203.24 1816.20 1616.53
[11,] 7210.73 6152.02 5189.14 4290.91 3497.95 2864.04 2344.84 2013.01
[12,] 8820.25 7615.22 6506.02 5461.47 4522.19 3741.96 3076.44 2598.29
      [,9]  [,10]  [,11]  [,12]
[1,]    NA    NA    NA    NA
[2,]    NA    NA    NA    NA
[3,]    NA    NA    NA    NA
[4,]    NA    NA    NA    NA
[5,]    NA    NA    NA    NA
[6,]    NA    NA    NA    NA
[7,]    NA    NA    NA    NA
[8,]    NA    NA    NA    NA
[9,] 1474.93    NA    NA    NA
[10,] 1578.77 1596.22    NA    NA
[11,] 1843.09 1728.38 1766.14    NA
[12,] 2282.05 2021.02 1912.46 1915.75

Jt:
[1] "1"    "1"    "2"    "3"    "4"    "5"    "6 or 7"
[8] "7"    "8"    "9"    "10"   "11"

```

Mediante la aplicación de este modelo se determinó que se cumpliría con el total de la demanda anual por un costo total de 1912,46 dólares. La planificación de compra por cantidad y periodo del SKU_10 se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24

Planificación de compra modelo Wagner Whitin sku_10

Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo de mantenimiento	costo de ordenar	costo total acumulado
Mayo	25	55	30	141,6	187,37	328,97
Junio	30		0	0		328,97
Julio	17	35	18	84,96	187,37	601,3
Agosto	18		0	0		601,3
Septiembre	28	57	29	136,88	187,37	925,55

Octubre	29		0	0		925,55
Noviembre	32	69	37	174,64	187,37	1287,56
Diciembre	37		0	0		1287,56
Enero	23	45	22	103,84	187,37	1578,77
Febrero	22		0	0	0	1578,77
Marzo	28	59	31	146,32	187,37	1912,46
Abril	31		0	0	0	1912,46

4.9 Evaluación de la mejora de gestión de inventario y comparación de resultados

Para la evaluación de la propuesta de mejora de la gestión de inventario se procedió a comparar los resultados obtenidos de la aplicación de cada modelo heurístico. Se consideró los costos totales de inventario de todos los SKU de la clasificación A, tanto del modelo Silver Meal como del modelo Wagner Whitin. Estos resultados se muestran en la siguiente Tabla

Tabla 25

Comparación resultados métodos heurísticos

Comparación de costos		
Artículo	Modelo Silver Meal	Modelo Wagner Whitin
SKU_10	\$2.096,54	\$1.912,46
SKU_21	\$1.437,12	\$1.437,12
SKU_2	\$1.863,54	\$1.863,54
SKU_1	\$1.067,36	\$1.067,36
SKU_3	\$1.015,64	\$1.015,64
SKU_17	\$728,36	\$723,88
SKU_11	\$933,81	\$933,81
SKU_12	\$600,17	\$598,90
SKU_22	\$508,26	\$508,26
Total	\$10.250,80	\$10.060,97

Se identifica que el menor costo corresponde al modelo Wagner Whitin a pesar de que para algunos artículos los costos son iguales en los dos modelos. Para determinar el ahorro o reducción de los costos de materia prima en base a la propuesta de mejora de la gestión de inventario se procedió a comparar los costos obtenidos mediante los modelos con el costo actual que maneja la empresa. Como se muestra en la tabla presentada a continuación.

Tabla 26

Comparación ahorro métodos heurísticos vs real

Costo actual de la empresa	21861,5	Ahorro USD	Ahorro %
Costo total Algoritmo Silver Meal	10250,80	11610,70	53%
Costo total Algoritmo Wagner Whitin	10060,97	11800,53	54%

El ahorro que genera la aplicación del modelo Silver Meal es de \$11610,70 es decir, un 53% con respecto al costo de inventario actual de la empresa. Por otra parte el modelo Wagner Whitin genera un ahorro de \$11800,53 dando un 54%. De esta manera se deduce que al aplicar modelos heurísticos el costo del inventario disminuye considerablemente con relación al manejo de un inventario sin aplicación de herramientas de gestión de inventario. Cabe recalcar que la planificación de compra propuesta por artículo en cada modelo es la base fundamental para conseguir los resultados esperados. En los **ANEXOS 12 y 13** se detalla la planificación de cada modelo por SKU.

CONCLUSIONES

- En base al análisis bibliográfico se logró definir las bases teóricas y metodológicas necesarias para sustentar la investigación y la aplicación de modelos heurísticos en la mejora de la gestión de inventarios.
- Del diagnóstico de la situación actual se llegó a la conclusión de que la panificadora realiza sus pedidos de materia prima mensualmente sin contar con un modelo de gestión de inventario ya que trabajan bajo la experiencia adquirida en el mercado. Además se realizó la clasificación ABC, el uso de este método permitió identificar los productos de mayor relevancia para la empresa obteniendo que 9 productos pertenecen a la clase A, lo que indica que el 80% de los gastos generados en materia prima corresponden a Manteca, Huevos, Harina Pani plus, Harina France superior, Harina Alpan, Azúcar, Manteca, Mantequilla y Sal.
- Mediante el desarrollo de los modelos heurísticos Silver Meal y Wagner Whitin aplicados a los productos clasificados como A se logró diseñar la propuesta de mejora de la gestión de inventario donde se concluyó que el modelo más adecuado para este trabajo es el de Wagner Whitin ya que generará un ahorro de \$11800,53 alcanzando así la disminución de costos de inventario de igual manera la obtención del periodo y la cantidad óptima de cada artículo a pedir.

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta métodos de gestión de inventario contribuiría de manera significativa a reducir costos y a incrementar utilidades de una empresa.
- A fin de adquirir un mayor entendimiento sobre los costos manejados en la panificadora se requiere llevar un registro sistemático de entradas y salidas tanto de artículos como de costos. Esto permitirá mejorar la gestión de los recursos que la empresa posee.
- Se debería considerar invertir en un software que ayude a mecanizar y agilizar los procesos de la empresa a fin de tener un control sobre toda la cadena de suministro.
- Se recomienda implementar la propuesta de investigación realizada y utilizar la metodología FIFO con el propósito de garantizar un correcto control del inventario al igual que evitar el vencimiento de los productos perecederos que existen la bodega.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, A. (13 de 06 de 2022). *Medias móvil simple, exponencial y ponderada: fórmulas y ejemplos*. 20 Rankia: <https://www.rankia.cl/blog/analisis-ipsa/2039072-medias-movil-simple-exponencial-ponderada-formulas-ejemplos>
- Álvarez Pareja, L. F. (2020). *Gestión de inventarios cartilla para el aula*. Corporación universitaria minuto de Dios.
- Arenal Laza, C. (2020). *Gestión de Inventario UF0476*. . Logroño. Retrieved 05 de 05 de 2023, from <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/126745?page=8>
- Ballou, R. (2004). *Logística. Administración en la cadena de suministros* (5ta ed.). México: PEARSON EDUCATION. <https://doi.org/ISBN 0-13-066184-8>
- Bellolio, J. (2020). *Costos de inventario*. <https://www.pricing.cl/conocimiento/costos-de-inventario/#:~:text=El%20costo%20de%20ordenamiento%20o,costos%20de%20transporte%20y%20recepci%C3%B3n>.
- Betancourt, D. (10 de 10 de 2016). *Cómo usar la suavización exponencial simple para pronosticar la demanda*. IngenioEmpresa: www.ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-simple.
- Camus Salazar, C. M. (2017). *Implementación del Plan Maestro de Producción para la reducción de costos de la planta de derivados Lácteos D`PUYUSAK en Ayacucho , 2017*. LIMA - PERÚ: Gestión Empresarial y Productiva.
- Cervera, M. (2012). *Gestión de Inventarios: Una nueva fórmula de calcular la competitividad*. Colombia: AD QUALITE.

- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*. Delegación Álvaro Obregón: McGraw-Hill Educación.
- <https://ucreeanop.com/wp-conte>
- Fernández, A. C. (2017). *Gestión de Inventarios*. IC Editorial.
- Garrido, I., & Cejas, M. (2017). La gestión de inventarios como factor estratégico en la administración de empresas. *Negotium*, 13(37), 109-127. Retrieved 04 de 05 de 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/782/78252811007.pdf>
- Garrido, I., & Cejas, M. (2017). La gestión del inventario en como factor estratégico en la administración de empresas. *Negotium*, 13(37), 109-129. Retrieved 30 de 04 de 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/782/78252811007.pdf>
- Gerencie. (2020). *Rotación de Inventarios*. <https://www.gerencie.com/rotacion-de-inventarios.html>
- Gómez, I., & Brito, J. (2020). *Administración de operaciones* (1era ed.). Guayaquil, Ecuador: UIDE. <https://doi.org/978-9942-36-891-1>
- González1, H., Santos, G., Campos, F., & Morell, C. (2016). Evaluación del algoritmo KNN-SP para problemas de predicción con salidas compuestas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000300009
- Google Maps. (2023). *Google Maps*. Retrieved 18 de Abril de 2023, from Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/MAYRA'S+Panader%C3%ADa/@0.8173033,-77.7154572,98m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e29693465cd6239:0x28c1cdf4ea39fc7!8m2!3d0.8171813!4d-77.7155082!16s%2Fg%2F11t40hvgw1?hl=es>

- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Dirección de la producción y de operaciones*. (8va ed.). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A. Retrieved 28 de 04 de 2023.
- Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios* (Vol. 6). Valle: Universidad del Valle . Retrieved 04 20, 2023.
- Jaffe, J., Stephen, A., Ross, & Randolph, W. (2012). *Finanzas Corporativas*. (Á. Obregón, Ed.). Mc Graw Hill. Retrieved 05 2023, 05.
- Johnson, P. F., Leenders, M., & Flynn, A. (2012). *Administración de compras y abastecimientos*. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones* (8va ed.). México: PEARSON EDUCATIONS. Retrieved 04 30, 2023, from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566458/Administracion_De_Operaciones_-_LEE_J._K-comprimido.pdf
- López, D., & Vergara, P. (2017). El enfoque heurístico aplicado a la resolución de problemas en. *Redalyc. Razón y Palabr*, 4-5. Retrieved 2023 de 05 de 05, from <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199553113017.pdf>
- Mayta, R. (2017). *Diseño de un sistema de planificación y control de la producción basado en la teoría de restricciones, para mejorar la producción de la empresa de tratamiento de vidrios*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Retrieved 29 de 04 de 2023, from <https://docplayer.es/83215660-Universidad-nacional-mayor-de-san-marcos-facultad-de-ingenieria-industrial-escuela-profesional-de-ingenieria-industrial.html>

- Montemayor, E. (2013). *Método de pronósticos para negocios*. México: EDITORIAL DIGITAL. Retrieved 29 de 04 de 2023, from <http://prod77ms.itesm.mx/podcast/EDTM/P196.pdf>
- Ribeiro, T., & Amaya, C. (20 de 04 de 2022). *Modelo de toma de decisión para materiales de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO)*. Retrieved 04 de 05 de 2023, from <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/article/view/722/1023>
- Salas, K., Miguél, H., & Acevedo, J. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *Scielo. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 326-337. Retrieved 04 30, 2023, from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000200326
- Sanjuán, F. (2018). *Definiciones*. economipedia: <http://economipedia.com/definiciones/coeficiente-de-variacion.html>
- Schroeder, R. G., Meyer Goldstain, S., & Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de Operaciones*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S. A. de C. V.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de desarrollo 2017-2021 "Toda una vida" Ecuador*. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20Toda%20Una%20Vida%202017%20-%202021.pdf>
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Gestión de inventarios y planificación y programación de la producción*. JOHN WILEY & SONS.
- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today. Proceedings*, 5(2), 3867-3872. Retrieved 29 de 04 de 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.641>

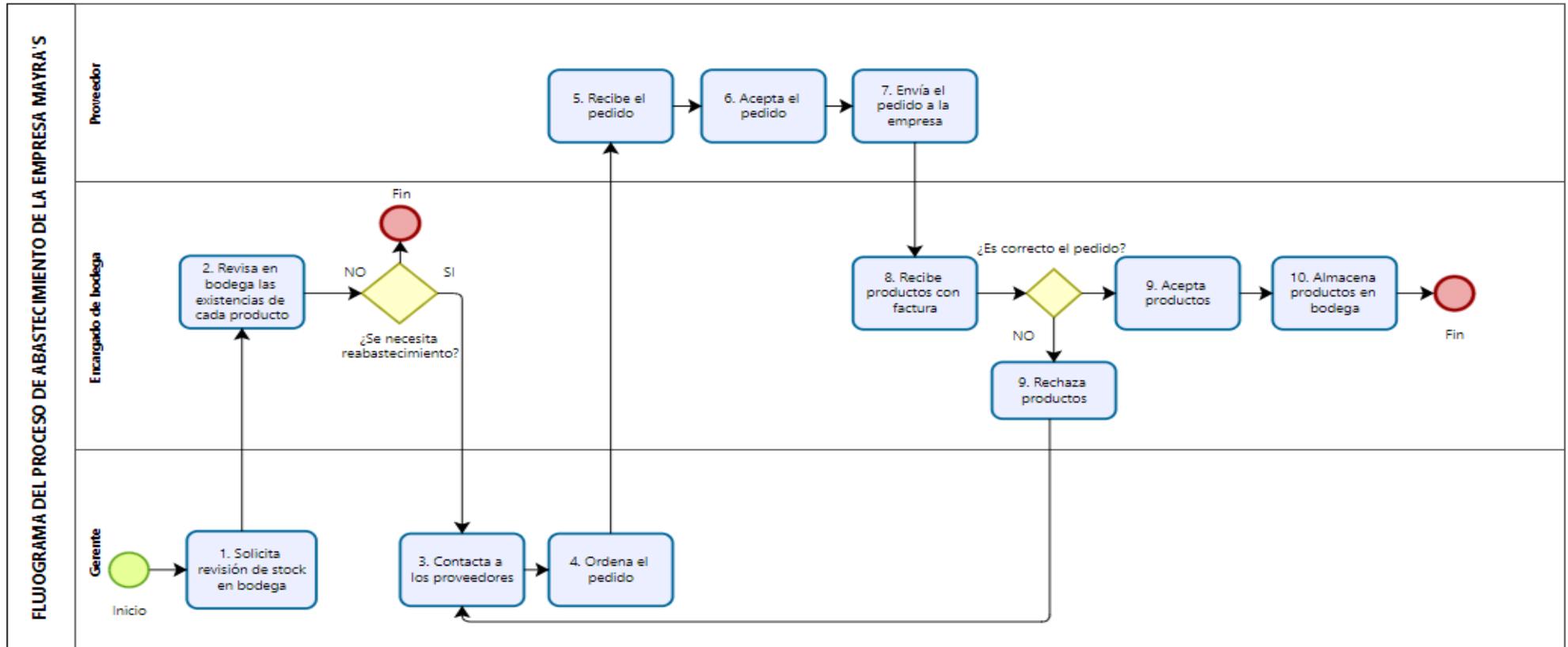
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Trujillo, J. (12 de 2020). Sistema para el control de inventarios en la empresa "Inversiones Novillo de Oro S.A.S". *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 7(14), 105-116. Retrieved 04 de 05 de 2023.
- Valencia, M., Serna, F., & Correa, C. (2015). Planeación de inventarios con demanda dinámica. Una revisión del estado del arte. *DYNA*, 82(190), 182-191.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.42828>
- Wang, C., Dang, T., & Nguyen, N. (2020). *A Computational Model for Determining Levels of Factors in Inventory Management Using Response Surface Methodology*. (Vol. 8). Taiwan. Retrieved 04 30, 2023, from <https://doi.org/10.3390/math8081210>
- Yosmary, D. (2012). *Administración de inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas*. . Merida: Redaly.

ANEXOS

ANEXO 1. Distribución actual de la bodega



ANEXO 2. Flujograma del proceso de abastecimiento de la panificadora Mayra's



ANEXO 3. Análisis de inventario

Código SKU	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	PRECIO
SKU_1	Harina	Harina FRANCE SUPERIOR de 50kg	\$ 41,86
SKU_2	Harina	Harina PANI PLUS de 50kg	\$ 40,61
SKU_3	Harina	Harina ALPAN de 50kg	\$ 40,00
SKU_4	Harina	Harina de pan vaso 40kg	\$ 22,00
SKU_5	Harina	Harina integral de 50kg	\$ 45,00
SKU_6	Harina	Harina de maiz de 50kg	\$ 50,00
SKU_7	Premezcla	Premezcla de chocolate de 1kg	\$ 4,08
SKU_8	Premezcla	Premezcla de naranja de 1kg	\$ 3,96
SKU_9	Premezcla	Premezcla RED VELVET de 500gr	\$ 3,10
SKU_10	Grasa	Manteca ALES de 55kg	\$ 118,02
SKU_11	Grasa	Manteca MANTEPLUS de 27,5 kg	\$ 56,76
SKU_12	Grasa	Mantequilla LINEA MAESTRO de 15 kg	\$ 31,76
SKU_13	Grasa	Marva crema LINEA MAESTRO de 15 kg	\$ 35,06
SKU_14	Grasa	Crema vegetal para cobertura y relleno de 1 L	\$ 3,84
SKU_15	Grasa	Aceite LA FAVORITA de 5 L	\$ 8,45
SKU_16	Grasa	PASTEL PAN de 2,5 kg	\$ 7,12
SKU_17	Azúcar	Azúcar blanco especial LA TRONCAL de 50 kg	\$ 39,00
SKU_18	Azúcar	Azúcar micropulverizada de 5 kg	\$ 10,88
SKU_19	Levadura	Levadura fresca levapan de 500 gramos	\$ 1,40
SKU_20	Levadura	Polvo de hornear levapan de 5 kg	\$ 22,00
SKU_21	Huevos	cupeta de huevos de 30 unidades	\$ 3,50
SKU_22	Sal	Sal CRISAL por quintal 25 kg	\$ 18,50
SKU_23	Esencia	Esencia de anis de 4 litros por galon	\$ 40,96
SKU_24	Esencia	Esencia de mantequilla 4 litros por galon	\$ 26,34
SKU_25	Esencia	Esencia de coco 4 litros por galon	\$ 39,74
SKU_26	Queso	queso fresco Jhonny 450 gr	\$ 2,25
SKU_27	Queso	Quesillo de 450 gr	\$ 2,25
SKU_28	Coberturas y rellenos	Cubierta de chocolate de 4 kg	\$ 23,60
SKU_29	Coberturas y rellenos	Mermelada de 5 kg	\$ 11,00
SKU_30	Coberturas y rellenos	bocadillo de guayaba 4,2 kilos	\$ 9,90
SKU_31	Coberturas y rellenos	Glasse de fresa	\$ 25,00
SKU_32	Coberturas y rellenos	Glasse de chocolate	\$ 25,00
SKU_33	Coberturas y rellenos	Glasse de mora	\$ 25,00
SKU_34	Coberturas y rellenos	Glasse de melocoton	\$ 25,00
SKU_35	Coberturas y rellenos	Glasse de guanabana	\$ 25,00
SKU_36	Coberturas y rellenos	Dulce de leche de 5kg	\$ 19,00
SKU_37	Coberturas y rellenos	Cocoa de 420gr	\$ 2,75
SKU_38	Frutas deshidratadas	Coco rallado de 1kg	\$ 4,96
SKU_39	Frutas deshidratadas	Pasas para decorar de 1kg	\$ 2,80
SKU_40	Merengue	Merengue Hayball de 2 kg	\$ 33,42
SKU_41	Confitte	grageas de 1L	\$ 2,00
SKU_42	Confitte	Gomitas para decorar de 500gr	\$ 3,80
SKU_43	Frutas	Fresas frescas para decorar por 1L	\$ 1,25
SKU_44	Frutas	Uvas frescas por 1L	\$ 2,50
SKU_45	Frutas	Durango enlatado de 480gr	\$ 2,80
SKU_46	Leche	Leche CARCHI de 1L	\$ 0,95

ANEXO 4. Índice de rotación

SKU	Demanda	Inventario promedio	Índice de rotación	Índice de rotación en días
SKU_43	157,5	0,58	274	1
SKU_26	2058,75	9,00	229	2
SKU_27	636,75	3,38	189	2
SKU_44	450	2,50	180	2
SKU_40	5681,4	83,55	68	5
SKU_8	2039,4	33,66	61	6
SKU_7	1917,6	32,64	59	6
SKU_14	936,96	19,20	49	7
SKU_34	1125	25,00	45	8
SKU_20	946	22,00	43	8
SKU_15	1030,9	25,35	41	9
SKU_46	456,95	11,88	38	9
SKU_33	1175	31,25	38	10
SKU_45	1052,8	28,00	38	10
SKU_35	1200	32,50	37	10
SKU_39	95,2	2,80	34	11
SKU_13	7572,96	227,89	33	11
SKU_23	1351,68	40,96	33	11
SKU_30	900,9	29,70	30	12
SKU_31	1325	43,75	30	12
SKU_22	8843	305,25	29	12
SKU_41	114	4,00	29	13
SKU_9	440,2	15,50	28	13
SKU_32	1375	50,00	28	13
SKU_42	209	7,60	28	13
SKU_28	1180	47,20	25	14
SKU_19	7420	315,00	24	15
SKU_21	32550	1400,00	23	15
SKU_18	1000,96	43,52	23	16
SKU_24	869,22	39,51	22	16
SKU_25	1311,42	59,61	22	16
SKU_29	473	22,00	22	17
SKU_10	38356,5	1888,32	20	18
SKU_16	1694,56	85,44	20	18
SKU_5	2385	123,75	19	19
SKU_17	18603	994,50	19	19
SKU_12	14927,2	809,88	18	20
SKU_38	114,08	6,20	18	20
SKU_6	2200	125,00	18	20
SKU_37	55	3,16	17	21
SKU_2	29604,69	1725,93	17	21
SKU_1	26246,22	1632,54	16	22
SKU_11	17311,8	1078,44	16	22
SKU_36	209	14,25	15	25
SKU_3	23000	1680,00	14	26
SKU_4	2068	165,00	13	29

ANEXO 5. Clasificación ABC

Código	Cantidad	Costo unitario	Ingresos	Porcentaje	Porcentaje acumulado	ABC	Porcentaje de participación de artículos
SKU_10	745	\$ 118,02	\$ 87.924,90	14,3%	14,3%	A	2,17%
SKU_21	22000	\$ 3,50	\$ 77.000,00	12,5%	26,9%		4,35%
SKU_2	1692	\$ 40,61	\$ 68.712,12	11,2%	38,1%		6,52%
SKU_1	1437	\$ 41,86	\$ 60.152,82	9,8%	47,9%		8,70%
SKU_3	1295	\$ 40,00	\$ 51.800,00	8,4%	56,3%		10,87%
SKU_17	1072	\$ 39,00	\$ 41.808,00	6,8%	63,1%		13,04%
SKU_11	715	\$ 56,76	\$ 40.583,40	6,6%	69,7%		15,22%
SKU_12	1120	\$ 31,76	\$ 35.571,20	5,8%	75,5%		17,39%
SKU_22	1128	\$ 18,50	\$ 20.868,00	3,4%	78,9%		19,57%
SKU_19	12950	\$ 1,40	\$ 18.130,00	3,0%	81,9%		21,74%
SKU_13	496	\$ 35,06	\$ 17.389,76	2,8%	84,7%	23,91%	
SKU_40	402	\$ 33,42	\$ 13.434,84	2,2%	86,9%	26,09%	
SKU_5	122	\$ 45,00	\$ 5.490,00	0,9%	87,8%	28,26%	
SKU_4	244	\$ 22,00	\$ 5.368,00	0,9%	88,7%	30,43%	
SKU_26	2145	\$ 2,25	\$ 4.826,25	0,8%	89,5%	32,61%	
SKU_6	96	\$ 50,00	\$ 4.800,00	0,8%	90,2%	34,78%	
SKU_8	1103	\$ 3,96	\$ 4.367,88	0,7%	90,9%	36,96%	
SKU_7	1025	\$ 4,08	\$ 4.182,00	0,7%	91,6%	39,13%	
SKU_16	552	\$ 7,12	\$ 3.930,24	0,6%	92,3%	41,30%	
SKU_31	135	\$ 25,00	\$ 3.375,00	0,5%	92,8%	43,48%	
SKU_32	129	\$ 25,00	\$ 3.225,00	0,5%	93,3%	45,65%	
SKU_23	76	\$ 40,96	\$ 3.112,96	0,5%	93,9%	47,83%	
SKU_25	76	\$ 39,74	\$ 3.020,24	0,5%	94,3%	50,00%	
SKU_28	122	\$ 23,60	\$ 2.879,20	0,5%	94,8%	52,17%	
SKU_33	113	\$ 25,00	\$ 2.825,00	0,5%	95,3%	54,35%	
SKU_35	111	\$ 25,00	\$ 2.775,00	0,5%	95,7%	56,52%	
SKU_34	110	\$ 25,00	\$ 2.750,00	0,4%	96,2%	58,70%	
SKU_45	899	\$ 2,80	\$ 2.517,20	0,4%	96,6%	60,87%	
SKU_18	216	\$ 10,88	\$ 2.350,08	0,4%	97,0%	63,04%	
SKU_15	268	\$ 8,45	\$ 2.264,60	0,4%	97,3%	65,22%	
SKU_14	571	\$ 3,84	\$ 2.192,64	0,4%	97,7%	67,39%	
SKU_20	99	\$ 22,00	\$ 2.178,00	0,4%	98,0%	69,57%	
SKU_30	209	\$ 9,90	\$ 2.069,10	0,3%	98,4%	71,74%	
SKU_24	77	\$ 26,34	\$ 2.028,18	0,3%	98,7%	73,91%	
SKU_27	655	\$ 2,25	\$ 1.473,75	0,2%	99,0%	76,09%	
SKU_29	99	\$ 11,00	\$ 1.089,00	0,2%	99,1%	78,26%	
SKU_46	1146	\$ 0,95	\$ 1.088,70	0,2%	99,3%	80,43%	
SKU_44	430	\$ 2,50	\$ 1.075,00	0,2%	99,5%	82,61%	
SKU_9	273	\$ 3,10	\$ 846,30	0,1%	99,6%	84,78%	
SKU_36	27	\$ 19,00	\$ 513,00	0,1%	99,7%	86,96%	
SKU_42	125	\$ 3,80	\$ 475,00	0,1%	99,8%	89,13%	
SKU_43	300	\$ 1,25	\$ 375,00	0,1%	99,8%	91,30%	
SKU_38	64	\$ 4,96	\$ 317,44	0,1%	99,9%	93,48%	
SKU_41	139	\$ 2,00	\$ 278,00	0,0%	99,9%	95,65%	
SKU_39	83	\$ 2,80	\$ 232,40	0,0%	100,0%	97,83%	
SKU_37	47	\$ 2,75	\$ 129,25	0,0%	100,0%	100,00%	

ANEXO 6. Base de datos

AÑO	MES	SKU_1	SKU_2	SKU_3	SKU_4	SKU_5	SKU_6	SKU_7	SKU_8	SKU_9
2021	Enero	45	50	35	10	5	3	30	30	10
	Febrero	60	65	50	10	5	3	50	45	4
	Marzo	45	55	30	8	5	3	40	40	5
	Abril	50	55	40	9	5	3	30	35	5
	Mayo	70	85	60	10	4	3	65	55	12
	Junio	44	55	40	10	4	4	50	60	4
	Julio	40	50	35	8	5	2	30	45	6
	Agosto	45	62	45	9	4	3	30	28	0
	Septiembre	49	55	50	9	4	3	25	20	10
	Octubre	45	61	45	7	3	3	40	45	10
	Noviembre	75	95	60	14	6	6	0	0	6
	Diciembre	42	50	40	7	3	2	40	35	12
2022	Enero	45	43	40	10	2	3	15	10	8
	Febrero	60	63	70	10	4	4	50	65	20
	Marzo	45	56	45	9	5	3	30	35	10
	Abril	50	63	35	10	5	4	30	40	9
	Mayo	70	76	60	9	4	5	70	60	13
	Junio	50	66	45	9	5	4	55	65	6
	Julio	40	56	50	8	4	3	30	40	9
	Agosto	45	50	40	7	4	3	30	45	8
	Septiembre	50	60	50	9	5	4	30	35	9
	Octubre	45	62	45	7	4	4	30	40	10
	Noviembre	74	90	60	15	7	6	25	30	10
	Diciembre	43	60	35	7	3	4	70	65	35
2023	Enero	52	54	40	4	4	2	20	20	12
	Febrero	61	62	50	6	4	2	50	55	10
	Marzo	54	50	55	5	5	3	30	30	10
Abril	43	43	45	8	4	4	30	30	10	

SKU_10	SKU_11	SKU_12	SKU_13	SKU_14	SKU_15	SKU_16	SKU_17	SKU_18	SKU_19	SKU_20	SKU_21
22	20	40	10	20	10	20	30	8	400	4	800
30	30	50	20	22	7	18	40	7	600	3	900
23	25	30	10	22	6	19	30	9	450	3	850
24	20	40	15	19	10	20	28	8	350	4	750
32	35	50	50	18	9	20	40	7	700	4	1000
34	30	35	10	18	8	19	30	8	600	3	700
25	20	40	10	19	10	18	40	8	300	3	500
22	25	40	15	18	10	20	44	7	400	4	800
20	20	45	15	23	12	22	46	7	400	3	750
26	30	40	10	20	10	20	48	8	350	4	800
38	35	55	15	24	12	22	50	8	750	3	1100
25	20	30	35	21	9	19	35	7	500	4	400
23	25	35	10	20	10	20	30	8	350	4	800
32	35	50	30	22	7	20	42	8	450	4	950
24	20	30	10	22	6	18	30	7	350	3	800
20	20	40	15	19	10	19	32	9	700	3	800
32	25	55	55	18	9	20	45	8	650	4	900
36	35	30	10	18	8	20	30	7	300	4	700
23	20	40	10	19	10	19	40	8	400	3	750
22	20	45	15	18	10	18	44	8	400	3	650
20	25	40	15	23	12	20	52	7	350	4	800
24	20	40	10	20	10	22	50	7	750	3	750
38	35	55	15	24	12	20	52	8	500	4	1150
24	30	20	40	21	9	22	36	8	350	3	500
25	20	30	10	20	10	19	30	7	450	4	750
31	25	40	15	21	10	20	40	8	400	4	800
24	30	35	12	22	12	20	28	8	350	4	750
26	20	40	9	20	10	18	30	8	400	3	800

SKU_22	SKU_23	SKU_24	SKU_25	SKU_26	SKU_27	SKU_28	SKU_29	SKU_30	SKU_31	SKU_32	SKU_33
30	3	3	3	80	24	4	4	8	4	4	4
40	2	2	1	85	21	6	3	6	8	5	5
50	3	3	3	80	23	5	3	7	7	5	4
35	3	2	3	70	24	4	4	8	5	5	4
45	3	3	3	75	24	3	4	8	4	4	4
40	3	3	3	80	26	3	4	6	4	5	4
30	2	3	3	80	24	4	3	8	5	5	3
50	3	3	2	80	22	4	3	8	3	4	4
55	3	3	3	85	23	6	3	7	4	4	4
40	3	3	3	80	24	4	4	8	5	5	4
50	1	3	3	70	22	6	3	7	6	5	5
30	3	3	2	75	23	4	4	8	4	4	4
40	3	3	3	70	24	4	4	8	4	5	4
35	3	3	3	80	24	4	4	8	4	4	4
45	3	3	3	70	21	6	3	6	8	5	5
35	2	1	2	70	23	5	3	7	7	5	4
45	3	3	3	80	24	4	4	8	5	5	4
40	3	3	3	60	24	3	4	8	4	4	4
40	3	3	3	70	26	3	4	6	4	5	4
35	3	3	3	80	24	4	3	8	5	5	3
35	3	3	3	80	22	4	3	8	3	4	4
40	3	3	3	75	23	6	3	7	4	4	4
50	1	1	1	80	24	4	4	8	5	5	4
55	3	3	3	80	22	6	3	7	6	5	5
50	3	3	3	70	23	4	4	8	4	4	4
30	2	2	2	80	24	4	4	8	4	5	4
35	3	3	3	80	23	4	4	7	4	5	4
23	3	3	3	80	24	4	3	8	5	4	3

SKU_34	SKU_35	SKU_36	SKU_37	SKU_38	SKU_39	SKU_40	SKU_41	SKU_42	SKU_43	SKU_44	SKU_45	SKU_46
4	4	1	2	2	3	12	5	4	10	16	32	40
5	4	1	2	4	4	30	5	4	13	17	36	46
5	4	1	1	5	3	6	7	4	10	18	38	50
4	4	1	1	1	3	4	5	3	12	15	32	40
3	4	1	2	2	2	40	4	4	10	15	31	38
4	3	1	2	2	3	5	5	5	10	16	30	38
3	3	1	1	1	3	10	4	6	11	15	32	37
3	4	1	2	2	3	11	5	6	10	14	28	40
3	4	1	1	2	4	12	5	4	13	15	32	41
4	5	1	2	2	3	10	6	5	10	14	30	40
5	4	1	2	3	3	10	5	5	11	14	32	39
4	4	1	2	2	2	30	4	4	11	15	32	40
4	4	1	2	2	3	12	5	4	10	15	32	40
4	4	1	2	2	3	30	5	4	10	16	32	40
5	4	1	2	4	4	6	5	4	13	17	36	46
5	4	1	1	5	3	4	7	4	10	18	38	50
4	4	1	1	1	3	40	5	3	12	15	32	40
3	4	1	2	2	2	5	4	4	10	15	31	38
4	3	1	2	2	3	10	5	5	10	16	30	38
3	3	1	1	1	3	11	4	6	11	15	32	37
3	4	1	2	2	3	12	5	6	10	14	28	40
3	4	1	1	2	4	10	5	4	13	15	32	41
4	5	1	2	2	3	10	6	5	10	14	30	40
5	4	1	2	3	3	30	5	5	10	14	32	39
4	4	1	2	2	2	10	4	4	11	15	32	40
4	4	1	2	2	3	12	5	4	10	15	32	40
4	5	2	2	2	3	10	5	4	10	15	32	45
4	4	1	1	2	2	10	4	5	9	17	33	43

ANEXO 7. Prueba Dickey Fuller

Código análisis de estacionalidad

```
library(ggplot2)
library(TSstudio)
library(ggfortify)
library(tseries)
library(astsa)
library(tidyverse)
library(TSstudio)
library(tsfknn)
library(readxl)
library(nnfor)
datos <- read_excel("C:/Users/LENOVO/Downloads/4.xlsx")
datos

#convertir la base de datos en serie temporal(ts)
Datosts=ts(datos$SKU_10,freq=12,start=c(2021,1))
boxplot(Datosts)

#estacionalidad prueba dickey fuller
adf.test(Datosts)

#calculando la estacionalidad
ts_seasonal(Datosts,type="all")
```

SKU_10

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -5.6756, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

SKU_21

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -3.7578, Lag order = 3, p-value = 0.03802
alternative hypothesis: stationary

SKU_2

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -5.0714, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

SKU_1

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -3.6162, Lag order = 3, p-value = 0.04825
alternative hypothesis: stationary

SKU_3

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -3.2887, Lag order = 3, p-value = 0.0925
alternative hypothesis: stationary

SKU_17

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Arimar.ts
Dickey-Fuller = -3.1071, Lag order = 3, p-value = 0.149
alternative hypothesis: stationary

SKU_11

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -4.4944, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

SKU_12

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -3.1238, Lag order = 3, p-value = 0.1426
alternative hypothesis: stationary

SKU_22

Augmented Dickey-Fuller Test

data: Datosts
Dickey-Fuller = -4.0715, Lag order = 3, p-value = 0.02027
alternative hypothesis: stationary

ANEXO 8. Series de tiempo ajustadas

Código diferenciaciones estacionalidad

```
#Prueba de DickeyFuller
adf.test(Arimar.ts)

seriedif=diff(Arimar.ts)
plot(seriedif)
acf(seriedif)

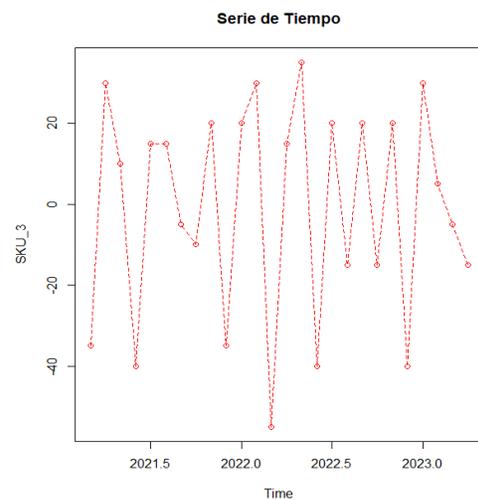
ndiffs(seriedif)
adf.test(seriedif)

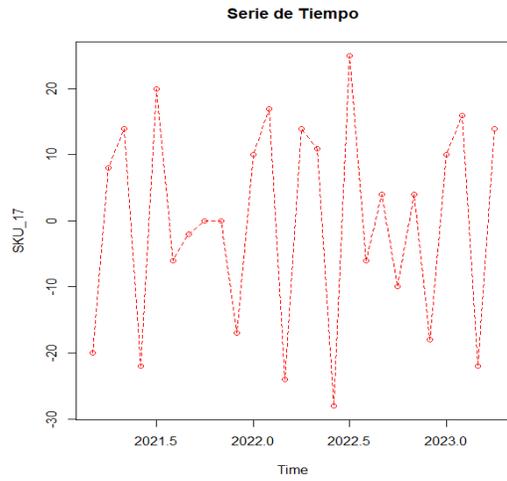
#Prueba de Dickey Fuller con dos diferencias

seriedif2=diff(Arimar.ts, differences =2)
plot(seriedif2)
adf.test(seriedif2)
```

SKU_3 (serie de tiempo ajustada)

```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: seriedif
Dickey-Fuller = -6.1372, Lag order = 2, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```



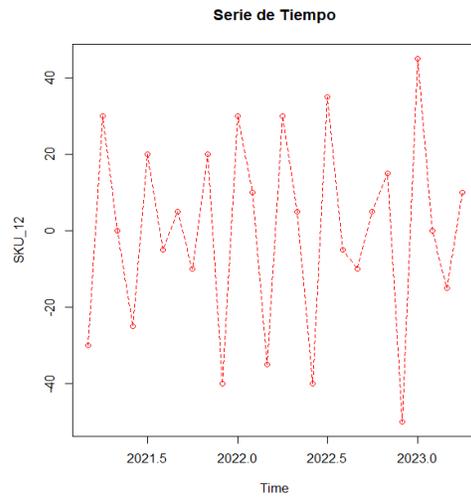


SKU_17 (serie de tiempo ajustada)

Augmented Dickey-Fuller Test
 data: seriedif2
 Dickey-Fuller = -4.2552, Lag order = 2, p-value = 0.01435
 alternative hypothesis: stationary

SKU_12 (serie de tiempo ajustada)

Augmented Dickey-Fuller Test
 data: seriedif
 Dickey-Fuller = -4.5323, Lag order = 2, p-value = 0.01
 alternative hypothesis: stationary



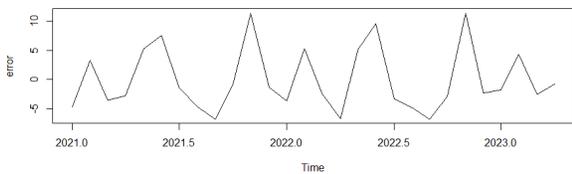
ANEXO 9. Resultados Modelo ARIMA

Código Modelo ARIMA

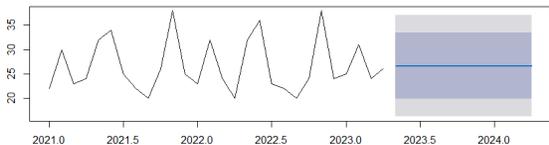
```
#Cargar librerías
library(lubridate)
library(tseries)
library(lubridate)
library(tidyverse)
library(car)
library(astsa)
library(foreign)
library(timsac)
library(vars)
library(lmtest)
library(mfilter)
library(dynlm)
library(nlme)
library(lmtest)
library(broom)
library(kableExtra)
library(knitr)
library(MASS)
library(parallel)
library(car)
library(mlogit)
library(dplyr)
library(tidy)
library(forecast)
library(fpp2)
library(stats)
library(quantmod)
attach(Arimar)
names(Arimar)
#Series de Tiempo Univariadas
#Paso 1. Convertir a objeto de Serie de Tiempo en R
Arimar.ts=ts(Arimar, start=c(2021,1), frequency = 12)
print(Arimar.ts)
class(Arimar.ts)
start(Arimar.ts)
end(Arimar.ts)
plot(Arimar.ts, main="Serie de tiempo", ylab="demanda SKU_12", col="blue")
serie=log(Arimar.ts)
serie=log
plot(serie)
#Estacionalidad: Para conocer el número de diferencias que se requieren para lograr que la serie
#sea estacionaria
ndiffs(Arimar.ts)
#Prueba de dickeyfuller
adf.test(Arimar.ts)
seriesdiff(Arimar.ts)
plot(seriesdiff)
acf(seriesdiff)
ndiffs(seriesdiff)
adf.test(seriesdiff)
#Prueba de Dickey Fuller con dos diferencias
seriesdiff2=diff(Arimar.ts, differences=2)
plot(seriesdiff2)
adf.test(seriesdiff2)
#Paso 4: Analisis visual de las graficas
plot(seriesdiff2, type="o", lty="dashed", main="Serie de tiempo", col="red")
par(mfrow=c(2,1), mar=c(4,4,1)+.1)
acf(seriesdiff2)
pacf(seriesdiff2)
acf(ts(seriesdiff2, frequency=1))
pacf(ts(seriesdiff2, frequency=1))
#Modelo Arima
# 100 para estacionarios
# 121 para no estacionario
modelo1=arima(Arimar.ts,order=c(1,0,0))
summary(modelo1)
tsdiag(modelo1)
box.test(residuals(modelo1), type="Ljung-Box")
error=residuals(modelo1)
plot(error)
#Pronosticos Arima
pronostico=forecast::forecast(modelo1,h=12)
pronostico
plot(pronostico)
```

Resultados pronóstico Modelo ARIMA

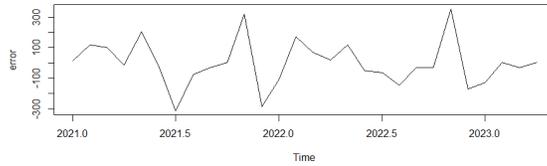
SKU_10



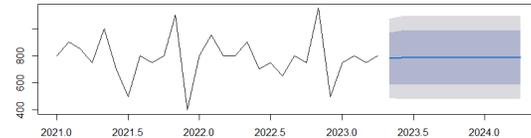
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



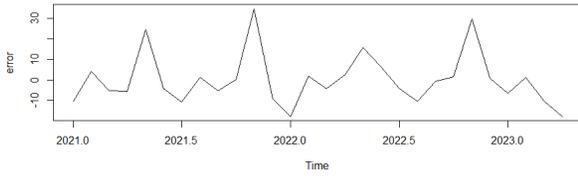
SKU_21



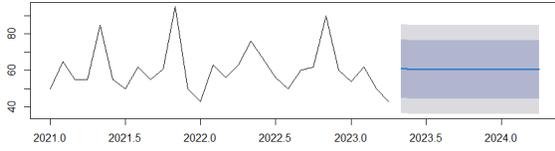
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



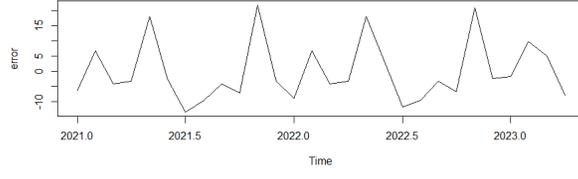
SKU_2



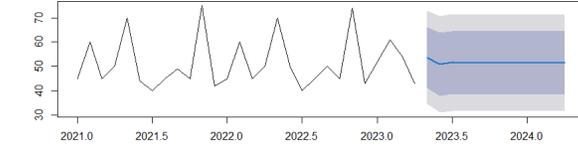
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



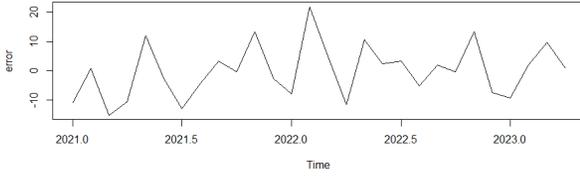
SKU_1



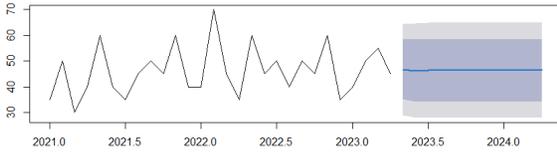
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



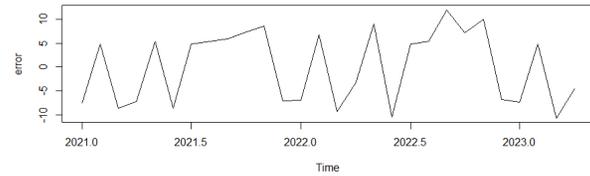
SKU_3



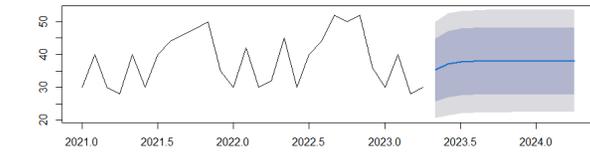
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



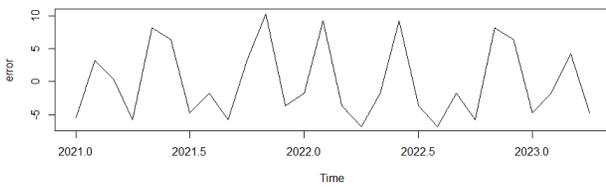
SKU_17



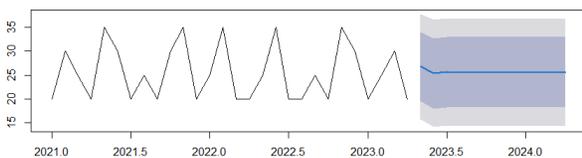
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



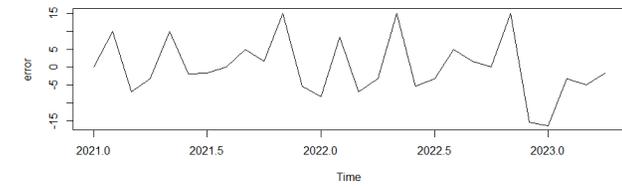
SKU_11



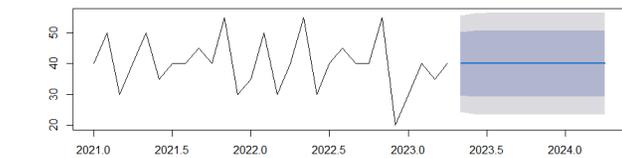
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



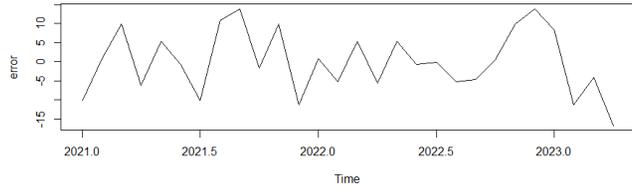
SKU_12



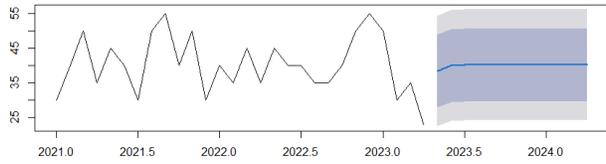
Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



SKU_22



Forecasts from ARIMA(1,0,0) with non-zero mean



ANEXO 10. Resultados Modelo MLP

Código Modelo MLP

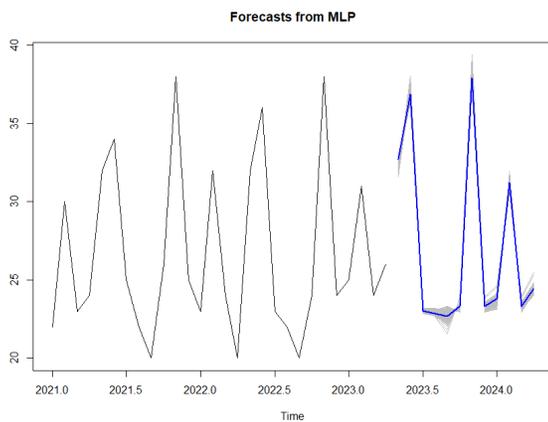
```
library(nnfor)
library(ggplot2)
library(TSstudio)
library(forecast)

Datos <- read_excel("c:/Users/LENOVO/Desktop/TESIS DOCUMENTOS/R STUDIO/Libro3.xlsx")
Datos
#convertir la base de datos en serie temporal(ts)
Datosts=ts(Datos$SKU_22,freq=12,start=c(2021,1))
Datosts
plot(Datosts)
#calculando la estacionalidad
ts_seasonal(Datosts,type="all")
#pronosticar la serie
y <- Datosts
y
#las variables de entrada son 12 meses
h <- 1*frequency(y)
frequency(y)
#Entrenamiento automático
Fit1<- mlp(y, reps = 200, lags =NULL,difforder = NULL,hd.max = NULL)
plot(Fit1)
forecast(Fit1)
print(Fit1)
plot(forecast(Fit1))

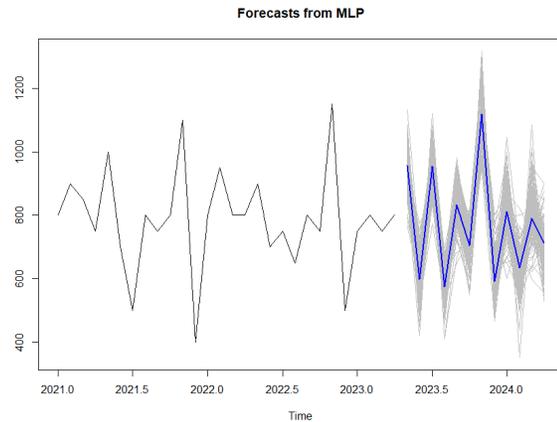
##Mejora de entrenamiento
Fit2<-mlp(y, model=Fit1,retrain=20)
print(Fit2)
plot(Fit2)
plot(forecast(Fit2,h=h))
summary(forecast(Fit2,h=h))
```

Resultados pronóstico Modelo MLP

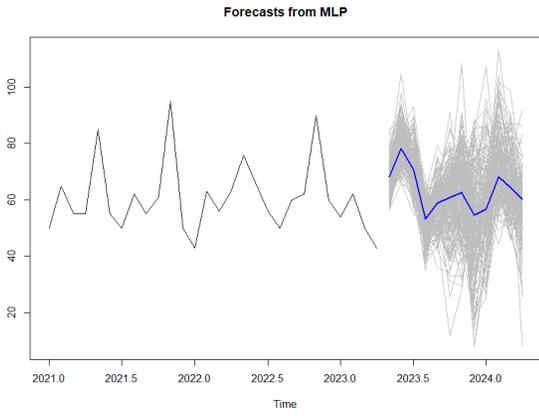
SKU_10



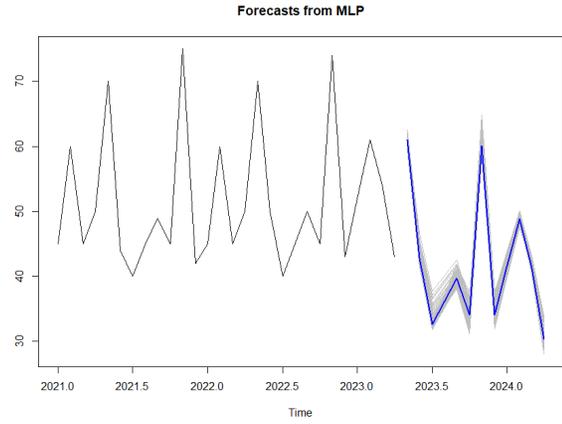
SKU_21



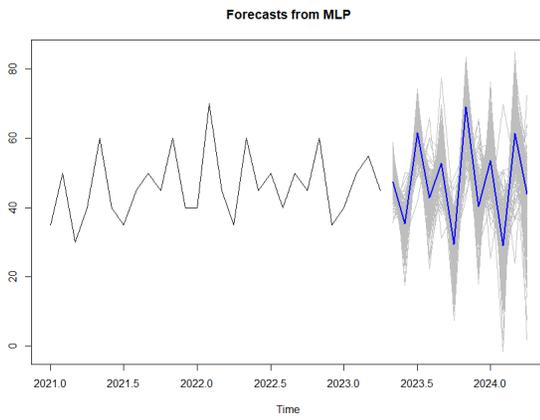
SKU_2



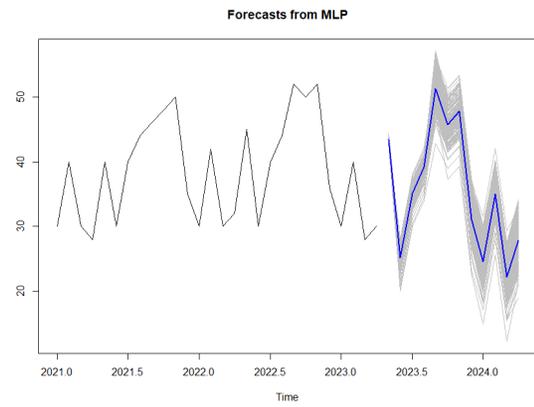
SKU_1



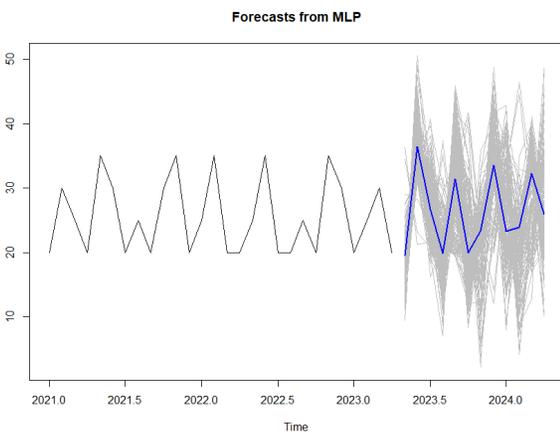
SKU_3



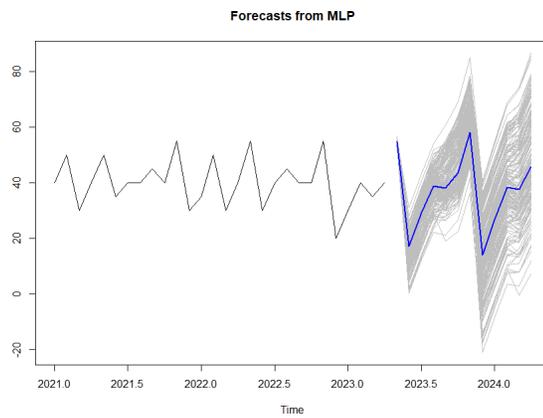
SKU_17



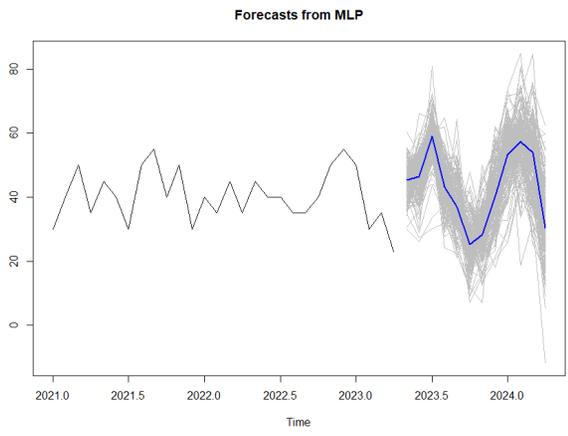
SKU_11



SKU_12



SKU_22



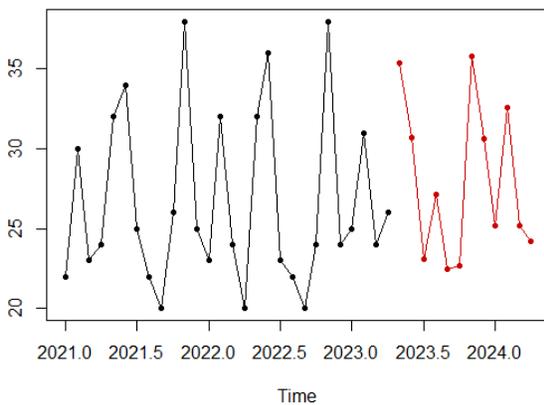
ANEXO 11. Resultados Modelo KNN

Código Modelo KNN

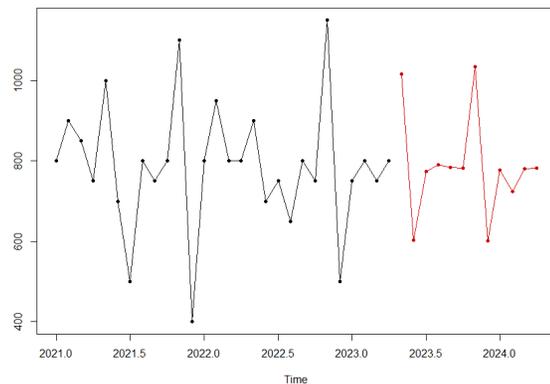
```
library(nnfor)
library(ggplot2)
library(TSstudio)
library(forecast)
library(tsfknn)
Base_datos <- read_excel("C:/Users/LENOVO/Desktop/TESIS DOCUMENTOS/R STUDIO/Libro3.xlsx")
Base_datos
#convertir la base de datos en serie temporal(ts)
Base_datos$SKU_22<-ts(Base_datos$SKU_22,freq=12,start=c(2021,1))
#calculando la estacionalidad
ts_seasonal(Base_datos,type="all")
#pronosticar la serie
y <- Base_datos$SKU_22
y
#las variables de entrada son 12 meses
h <- 1*frequency(y)
frequency(y)
# Time Series Forecasting Using Nearest Neighbors
pred <- knn_forecasting(y, h = 12, lags = NULL, k = 2)
autoplot(pred)
autoplot(pred, highlight = "neighbors")
pred <- knn_forecasting(y, h = 1, lags = NULL, k = 2)
knn_examples(pred)
pred <- knn_forecasting(y, h = 12, lags = NULL, k = 2)
pred$prediction # To see a time series with the forecasts
plot(pred) # To see a plot with the forecast
pred <- knn_forecasting(y, h = 4, lags = NULL, k = 2, msas = "MIMO")
nearest_neighbors(pred)
pred <- knn_forecasting(y, h = 4, k = 1, msas = "recursive")
new_pred <- predict(pred, h = 12)
print(new_pred$prediction)
plot(new_pred) # To see a plot with the forecast
pred <- knn_forecasting(y, h = 12, lags = NULL, k = 2)
ro <- rolling_origin(pred)
print(ro$global_accu)
summary(pred)
```

Resultados pronóstico Modelo KNN

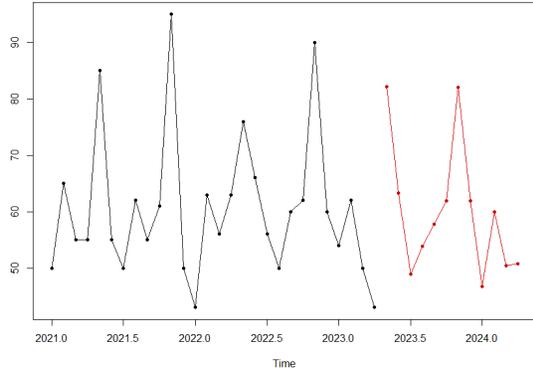
SKU_10



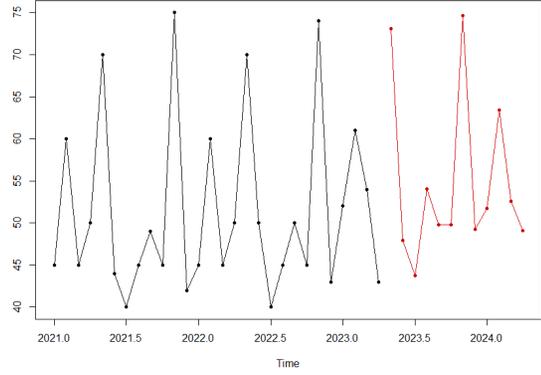
SKU_21



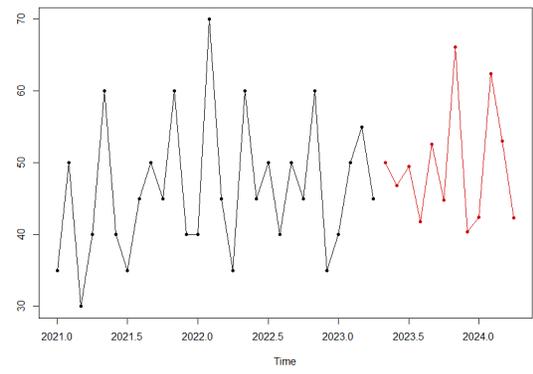
SKU_2



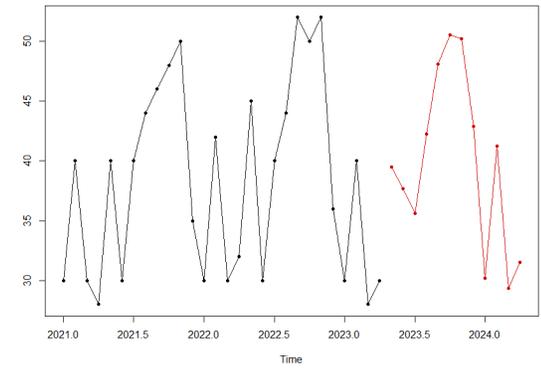
SKU_1



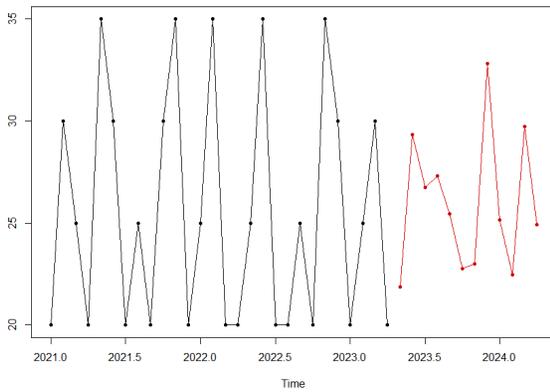
SKU_3



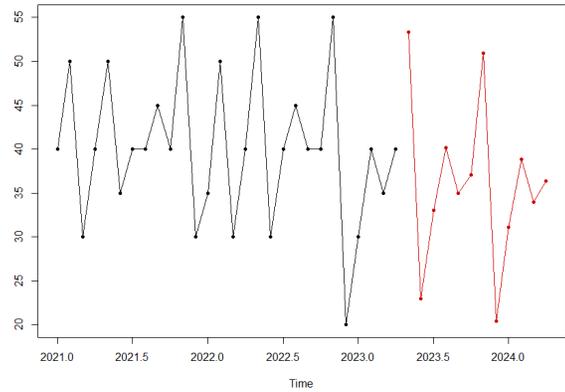
SKU_17



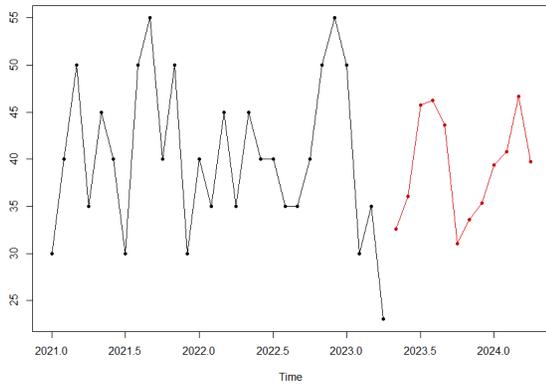
SKU_11



SKU_12



SKU_22



ANEXO 12. Resultados modelo Silver Meal

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	948	150,34						150,34	150,34	150,34
2	622		\$ 87,08					\$ 87,08	\$ 237,42	\$ 118,71
3	954			\$ 267,12				\$ 267,12	\$ 504,54	\$ 168,18
4	569									
5	831									
6	699									
7	1120									
8	594									
9	810									
10	625									
11	804									
12	713									

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	954	150,34						150,34	150,34	150,34
2	569		\$ 79,66					\$ 79,66	\$ 230,00	\$ 115,00
3	831			\$ 232,68				\$ 232,68	\$ 462,68	\$ 154,23

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	831	150,34						150,34	150,34	150,34
2	699		\$ 97,86					97,86	248,2	124,1
3	1120			\$ 313,60				\$ 313,60	561,8	187,266667

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	1120	150,34						150,34	150,34	150,34
2	594		83,16					83,16	233,5	116,75
3	810			\$ 226,80				\$ 226,80	460,3	153,433333

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	810	150,34						150,34	150,34	150,34
2	625		\$ 87,50					87,5	237,84	118,92
3	804			\$ 225,12				\$ 225,12	462,96	154,32

\$ 0,14	H	SKU_21								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	804	150,34						150,34	150,34	150,34
2	713		99,82					99,82	250,16	125,08

Planificación SKU_21

Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	948	1570	622	87,08	150,34	\$ 3,50	237,42
2	622		0	0		\$ 3,50	0
3	954	1523	569	79,66	150,34	\$ 3,50	230
4	569		0	0		\$ 3,50	0
5	831	1530	699	97,86	150,34	\$ 3,50	248,2
6	699		0	0		\$ 3,50	0
7	1120	1714	594	83,16	150,34	\$ 3,50	233,5
8	594		0	0		\$ 3,50	0
9	810	1435	625	87,5	150,34	\$ 3,50	237,84
10	625		0	0		\$ 3,50	0
11	804	1517	713	99,82	150,34	\$ 3,50	250,16
12	713		0	0		\$ 3,50	0
							1437,12

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	61	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		\$ 97,20					\$ 97,20	\$ 310,59	\$ 155,30
3	60			\$ 194,40				\$ 194,40	\$ 504,99	\$ 168,33
4	60									
5	60									
6	60									
7	60									
8	60									
9	60									
10	60									
11	60									
12	60									

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		97,2					97,2	310,59	155,295
3	60			\$ 194,40				\$ 194,40	\$ 504,99	\$ 168,33

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		97,2					97,2	310,59	155,295
3	60			\$ 194,40				\$ 194,40	\$ 504,99	\$ 168,33

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		\$ 97,20					97,2	310,59	155,295
3	60			\$ 194,40				\$ 194,40	\$ 504,99	\$ 168,33

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		\$ 97,20					97,2	310,59	155,295
3	60			\$ 194,40				\$ 194,40	\$ 504,99	\$ 168,33

\$ 1,62		H	SKU_2							
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	213,39						213,39	213,39	213,39
2	60		97,2					97,2	310,59	155,295

Planificación SKU_2

SKU_2							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	61	121	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
2	60		0	0		\$ 40,61	0
3	60	120	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
4	60		0	0		\$ 40,61	0
5	60	120	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
6	60		0	0		\$ 40,61	0
7	60	120	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
8	60		0	0		\$ 40,61	0
9	60	120	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
10	60		0	0		\$ 40,61	0
11	60	120	60	97,2	213,39	\$ 40,61	310,59
12	60		0	0		\$ 40,61	0
							1863,54

\$ 1,67	H	SKU_1								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	61	114,99						114,99	114,99	114,99
2	43		\$ 71,81					\$ 71,81	\$ 186,80	\$ 93,40
3	33			\$ 110,22				\$ 110,22	\$ 297,02	\$ 99,01
4	36									
5	40									
6	34									
7	60									
8	34									
9	41									
10	49									
11	41									
12	30									

\$ 1,67	H	SKU_1								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	33	114,99						114,99	114,99	114,99
2	36		\$ 60,12					\$ 60,12	\$ 175,11	\$ 87,56
3	40			\$ 133,60				\$ 133,60	\$ 308,71	\$ 102,90

\$ 1,67	H	SKU_1								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	40	114,99						114,99	114,99	114,99
2	34		56,78					56,78	171,77	85,885
3	60			\$ 133,60				\$ 133,60	\$ 308,71	\$ 102,90

\$ 1,67	H	SKU_1								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	60	114,99						114,99	114,99	114,99
2	34		\$ 56,78					56,78	171,77	85,885
3	41			\$ 136,94				\$ 136,94	\$ 308,71	\$ 102,90

\$ 1,67	H	SKU_1								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	41	144,99						144,99	144,99	144,99
2	49		\$ 81,83					81,83	226,82	113,41
3	41			\$ 136,94				\$ 136,94	\$ 363,76	\$ 121,25

\$ 1,67	H	SKU_1								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FIL	CT	CTUT
1	41	144,99						144,99	144,99	144,99
2	30		\$ 50,10					50,1	195,09	97,545

Planificación SKU_1

SKU_1							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	61	104	43	71,81	114,99	\$ 41,86	186,8
2	43		0	0		\$ 41,86	0
3	33	69	36	60,12	114,99	\$ 41,86	175,11
4	36		0	0		\$ 41,86	0
5	40	74	34	56,78	114,99	\$ 41,86	171,77
6	34		0	0		\$ 41,86	0
7	60	94	34	56,78	114,99	\$ 41,86	171,77
8	34		0	0		\$ 41,86	0
9	41	90	49	81,83	114,99	\$ 41,86	196,82
10	49		0	0		\$ 41,86	0
11	41	71	30	50,1	114,99	\$ 41,86	165,09
12	30		0	0		\$ 41,86	0
							1067,36

\$ 1,60		SKU_3								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	47	110,34						110,34	110,34	110,34
2	35		56					56	166,34	83,17
3	61			195,2				195,2	361,54	120,513333
4	43									
5	52									
6	30									
7	69									
8	39									
9	53									
10	30									
11	62									
12	44									

\$ 1,60		SKU_3								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	61	110,34						110,34	110,34	110,34
2	43		68,8					68,8	179,14	89,57
3	52			\$ 166,40				\$ 166,40	345,54	115,18

\$ 1,60		SKU_3								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	52	110,34						110,34	110,34	110,34
2	30		48					48	158,34	79,17
3	69			\$ 220,80				\$ 220,80	379,14	126,38

\$ 1,60		SKU_3								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	69	110,34						110,34	110,34	110,34
2	39		62,4					62,4	172,74	86,37
3	53			\$ 169,60				\$ 169,60	342,34	114,113333

\$ 1,60		SKU_3								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	53	110,34						110,34	110,34	110,34
2	30		\$ 48,00					48	158,34	79,17
3	62			\$ 198,40				\$ 198,40	356,74	118,913333

\$ 1,60		SKU_3								
	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	62	110,34						110,34	110,34	110,34
2	44		70,4					70,4	180,74	90,37

Planificación SKU_3

SKU_3							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	47	82	35	56	110,34	\$ 40,00	166,34
2	35		0	0		\$ 40,00	0
3	61	104	43	68,8	110,34	\$ 40,00	179,14
4	43		0	0		\$ 40,00	0
5	52	82	30	48	110,34	\$ 40,00	158,34
6	30		0	0		\$ 40,00	0
7	69	108	39	62,4	110,34	\$ 40,00	172,74
8	39		0	0		\$ 40,00	0
9	53	83	30	48	110,34	\$ 40,00	158,34
10	30		0	0		\$ 40,00	0
11	62	106	44	70,4	110,34	\$ 40,00	180,74
12	44		0	0		\$ 40,00	0
							1015,64

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	44	\$ 68,84						68,84	68,84	68,84	
2	25		\$ 39,00					\$ 39,00	\$ 107,84	\$ 53,92	
3	35			\$ 109,20				\$ 109,20	\$ 217,04	\$ 72,35	
4	39										
5	51										
6	46										
7	48										
8	31										
9	25										
10	35										
11	22										
12	28										

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	35	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	39		60,84					60,84	129,68	64,84	
3	51			\$ 159,12				\$ 159,12	288,8	96,2666667	

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	51	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	46		\$ 71,76					\$ 71,76	\$ 140,60	\$ 70,30	

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	46	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	48		74,88					74,88	143,72	71,86	

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	48	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	31		48,36					48,36	117,2	58,6	
3	25			\$ 78,00				\$ 78,00	195,2	65,0666667	

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	25	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	35		54,6					54,6	123,44	61,72	
3	22			\$ 68,64				\$ 68,64	192,08	64,0266667	

\$ 1,56 H		SKU_17									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	22	68,84						68,84	68,84	68,84	
2	28		\$ 43,68					43,68	112,52	56,26	

Planificación SKU_17

SKU_17							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	44	69	25	39	68,84	\$ 39,00	107,84
2	25		0	0		\$ 39,00	0
3	35	74	39	60,84	68,84	\$ 39,00	129,68
4	39		0	0		\$ 39,00	0
5	51	51	0	0	68,84	\$ 39,00	68,84
6	46	46	0	0	68,84	\$ 39,00	68,84
7	48	79	31	48,36	68,84	\$ 39,00	117,2
8	31		0	0		\$ 39,00	0
9	25	60	35	54,6	68,84	\$ 39,00	123,44
10	35		0	0		\$ 39,00	0
11	22	50	28	43,68	68,84	\$ 39,00	112,52
12	28		0	0		\$ 39,00	0
							728,36

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	19	95,48						95,48	95,48	95,48
2	37		\$ 83,99					\$ 83,99	\$ 179,47	\$ 89,74
3	26			\$ 118,04				\$ 118,04	\$ 297,51	\$ 148,76
4	20									
5	32									
6	20									
7	24									
8	33									
9	22									
10	23									
11	32									
12	26									

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	26	95,48						95,48	95,48	95,48
2	20		\$ 45,40					45,4	140,88	70,44
3	32			\$ 145,28				\$ 145,28	286,16	95,3866667

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	32	95,48						95,48	95,48	95,48
2	20		\$ 45,40					45,4	140,88	70,44
3	24			\$ 108,96				\$ 108,96	249,84	83,28

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	24	95,48						95,48	95,48	95,48
2	33		74,91					74,91	170,39	85,195
3	22			\$ 99,88				\$ 99,88	270,27	90,09

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	22	95,48						95,48	95,48	95,48
2	23		52,21					52,21	147,69	73,845
3	32			\$ 145,28				\$ 145,28	292,97	97,6566667

§ 2,27 H		SKU_11								
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT
1	32	95,48						95,48	95,48	95,48
2	26		59,02					59,02	154,5	77,25

Planificación SKU_11

SKU_11							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	19	56	37	83,99	95,48	\$ 56,76	179,47
2	37		0	0		\$ 56,76	0
3	26	46	20	45,4	95,48	\$ 56,76	140,88
4	20		0	0		\$ 56,76	0
5	32	52	20	45,4	95,48	\$ 56,76	140,88
6	20		0	0		\$ 56,76	0
7	24	57	33	74,91	95,48	\$ 56,76	170,39
8	33		0	0		\$ 56,76	0
9	22	45	23	52,21	95,48	\$ 56,76	147,69
10	23		0	0		\$ 56,76	0
11	32	58	26	59,02	95,48	\$ 56,76	154,5
12	26		0	0		\$ 56,76	0
							933,81

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	55	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	17		\$ 21,59					\$ 21,59	\$ 79,57	\$ 39,79	
3	29			\$ 73,66				\$ 73,66	\$ 153,23	\$ 76,62	
4	38										
5	39										
6	45										
7	59										
8	14										
9	27										
10	39										
11	38										
12	47										

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	29	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	38		48,26					48,26	106,24	53,12	
3	39			\$ 99,06				\$ 99,06	205,3	68,4333333	

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	39	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	45		\$ 57,15					57,15	115,13	57,565	
3	59			\$ 149,86				\$ 149,86	264,99	88,33	

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	59	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	14		\$ 17,78					17,78	75,76	37,88	
3	27			\$ 68,58				\$ 68,58	\$ 144,34	48,1133333	

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	27	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	39		49,53					49,53	107,51	53,755	
3	38			\$ 96,52				\$ 96,52	204,03	68,01	

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	38	57,98						57,98	57,98	57,98	
2	47		\$ 59,69					\$ 59,69	\$ 117,67	\$ 58,84	

\$ 1,27		SKU_12									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	47	57,98						57,98	57,98	57,98	

Planificación SKU_12

SKU_12							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	55	72	17	21,59	57,98	\$ 31,76	79,57
2	17		0	0		\$ 31,76	0
3	29	67	38	48,26	57,98	\$ 31,76	106,24
4	38		0	0		\$ 31,76	0
5	39	84	45	57,15	57,98	\$ 31,76	115,13
6	45		0	0		\$ 31,76	0
7	59	73	14	17,78	57,98	\$ 31,76	75,76
8	14		0	0		\$ 31,76	0
9	27	66	39	49,53	57,98	\$ 31,76	107,51
10	39		0	0		\$ 31,76	0
11	38	38	0	0	57,98	\$ 31,76	57,98
12	47	47	0	0	57,98	\$ 31,76	57,98
							600,17

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	45	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	46		\$ 34,04					\$ 34,04	\$ 88,78	\$ 44,39	
3	58			\$ 85,84				\$ 85,84	\$ 174,62	\$ 87,31	
4	42										
5	37										
6	27										
7	28										
8	40										
9	53										
10	57										
11	54										
12	31										

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	58	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	42		31,08					31,08	85,82	42,91	
3	37			\$ 54,76				\$ 54,76	140,58	46,86	

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	37	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	27		19,98					19,98	74,72	37,36	
3	28			\$ 41,44				\$ 41,44	116,16	38,72	

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	28	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	40		29,6					29,6	84,34	42,17	
3	53			\$ 78,44				\$ 78,44	162,78	54,26	

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	53	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	57		42,18					42,18	96,92	48,46	
3	54			\$ 79,92				\$ 79,92	176,84	58,9466667	

\$ 0,74 H		SKU_22									
T	DEMANDA	S	D2*H*(1)	D3*H*(2)	D4*H*(3)	D5*H*(4)	D6*H*(5)	SUMA DE FILA	CT	CTUT	
1	54	54,74						54,74	54,74	54,74	
2	31		22,94					22,94	77,68	38,84	

Planificación_SKU_22

SKU_22							
Mes	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	Costo de mantenimiento	Costo de preparación	Costo del artículo	Costo total
1	45	91	46	34,04	54,74	\$ 18,50	88,78
2	46		0	0		\$ 18,50	0
3	58	100	42	31,08	54,74	\$ 18,50	85,82
4	42		0	0		\$ 18,50	0
5	37	64	27	19,98	54,74	\$ 18,50	74,72
6	27		0	0		\$ 18,50	0
7	28	68	40	29,6	54,74	\$ 18,50	84,34
8	40		0	0		\$ 18,50	0
9	53	110	57	42,18	54,74	\$ 18,50	96,92
10	57		0	0		\$ 18,50	0
11	54	85	31	22,94	54,74	\$ 18,50	77,68
12	31		0	0		\$ 18,50	0
							508,26

ANEXO 13. Resultados modelo Wagner whitin

TVC:
[1] 1437.12

solution:

	[.1]	[.2]	[.3]	[.4]	[.5]	[.6]	[.7]	[.8]
[1,]	150.34	NA						
[2,]	237.42	300.68	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	504.54	434.24	387.76	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	743.52	593.56	467.42	538.10	NA	NA	NA	NA
[5,]	1208.88	942.58	700.10	654.44	617.76	NA	NA	NA
[6,]	1698.18	1334.02	993.68	850.16	715.62	768.10	NA	NA
[7,]	2638.98	2118.02	1620.88	1320.56	1029.22	924.90	865.96	NA
[8,]	3221.10	2616.98	2036.68	1653.20	1278.70	1091.22	949.12	1016.30
[9,]	4128.30	3410.78	2717.08	2220.20	1732.30	1431.42	1175.92	1129.70
[10,]	4915.80	4110.78	3329.58	2745.20	2169.80	1781.42	1438.42	1304.70
[11,]	6041.40	5123.82	4230.06	3533.12	2845.16	2344.22	1888.66	1642.38
[12,]	7139.42	6122.02	5128.44	4331.68	3543.90	2943.14	2387.76	2041.66
[1,]	NA							
[2,]	NA							
[3,]	NA							
[4,]	NA							
[5,]	NA							
[6,]	NA							
[7,]	NA							
[8,]	NA							
[9,]	1099.46	NA						
[10,]	1186.96	1249.80	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[11,]	1412.08	1362.36	1337.30	NA	NA	NA	NA	NA
[12,]	1711.54	1562.00	1437.12	1487.64	NA	NA	NA	NA

Jt:
[1] "1" "1" "3" "3" "5" "5" "7" "7" "9" "9" "11" "11"

SKU_21						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmtto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	948	1570	622	87,08	150,34	237,42
Febrero	622		0	0		237,42
Marzo	954	1523	569	79,66	150,34	467,42
Abril	569		0	0		467,42
Mayo	831	1530	699	97,86	150,34	715,62
Junio	699		0	0		715,62
Julio	1120	1714	594	83,16	150,34	949,12
Agosto	594		0	0		949,12
Septiembre	810	1435	625	87,5	150,34	1186,96
Octubre	625		0	0	0	1186,96
Noviembre	804	1517	713	99,82	150,34	1437,12
Diciembre	713		0	0	0	1437,12

TVC:
[1] 1863.54

solution:

	[.1]	[.2]	[.3]	[.4]	[.5]	[.6]	[.7]	[.8]	[.9]
[1,]	213.39	NA							
[2,]	310.59	426.78	NA						
[3,]	504.99	523.98	523.98	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	796.59	718.38	621.18	718.38	NA	NA	NA	NA	NA
[5,]	1185.39	1009.98	815.58	815.58	834.57	NA	NA	NA	NA
[6,]	1671.39	1398.78	1107.18	1009.98	931.77	1028.97	NA	NA	NA
[7,]	2254.59	1884.78	1495.98	1301.58	1126.17	1126.17	1145.16	NA	NA
[8,]	2934.99	2467.98	1981.98	1690.38	1417.77	1320.57	1242.36	1339.56	NA
[9,]	3712.59	3148.38	2565.18	2176.38	1806.57	1612.17	1436.76	1436.76	1455.75
[10,]	4587.39	3925.98	3245.58	2759.58	2292.57	2000.97	1728.36	1631.16	1552.95
[11,]	5559.39	4800.78	4023.18	3439.98	2875.77	2486.97	2117.16	1922.76	1747.35
[12,]	6628.59	5722.78	4897.98	4217.58	3556.17	3070.17	2603.16	2311.56	2038.95
[1,]	NA								
[2,]	NA								
[3,]	NA								
[4,]	NA								
[5,]	NA								
[6,]	NA								
[7,]	NA								
[8,]	NA								
[9,]	NA								
[10,]	1650.15	NA							
[11,]	1747.35	1766.34	NA						
[12,]	1941.75	1863.54	1960.74	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Jt:
[1] "1" "1" "1" "3" "3 or 4" "5" "5 or 6" "7"
[9] "8" "9" "9" "11"

SKU_2						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmtto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	61	121	60	97,2	213,39	310,59
Febrero	60		0	0		310,59
Marzo	60	120	60	97,2	213,39	621,18
Abril	60		0	0		621,18
Mayo	60	120	60	97,2	213,39	931,77
Junio	60		0	0		931,77
Julio	60	120	60	97,2	213,39	1242,36
Agosto	60		0	0		1242,36
Septiembre	60	120	60	97,2	213,39	1552,95
Octubre	60		0	0	0	1552,95
Noviembre	60	120	60	97,2	213,39	1863,54
Diciembre	60		0	0	0	1863,54

TVC:
[1] 1067.36

solution:

	[.1]	[.2]	[.3]	[.4]	[.5]	[.6]	[.7]	[.8]
[1,]	114.99	NA						
[2,]	186.80	229.98	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	297.02	285.09	301.79	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	477.38	405.33	361.91	400.08	NA	NA	NA	NA
[5,]	744.58	605.73	495.51	466.88	476.90	NA	NA	NA
[6,]	1028.48	832.85	665.85	580.44	533.68	581.87	NA	NA
[7,]	1629.68	1333.85	1066.65	881.04	734.08	682.07	648.67	NA
[8,]	2027.14	1674.53	1350.55	1108.16	904.42	795.63	705.45	763.66
[9,]	2574.90	2153.82	1761.37	1450.51	1178.30	1001.04	842.39	832.13
[10,]	3311.37	2808.46	2334.18	1941.49	1587.45	1328.36	1087.88	995.79
[11,]	3996.07	3424.69	2881.94	2420.78	1998.27	1670.71	1361.76	1201.20
[12,]	4547.17	3925.69	3332.84	2821.58	2348.97	1971.31	1612.26	1401.60
[1,]	NA							
[2,]	NA							
[3,]	NA							
[4,]	NA							
[5,]	NA							
[6,]	NA							
[7,]	NA							
[8,]	NA							
[9,]	820.44	NA						
[10,]	902.27	935.43	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[11,]	1039.21	1003.90	1017.26	NA	NA	NA	NA	NA
[12,]	1189.51	1104.10	1067.36	1118.89	NA	NA	NA	NA

Jt:
[1] "1" "1" "2" "3" "4" "5" "7" "9" "9" "10" "11"

SKU_1						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmtto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	61	104	43	71,81	114,99	186,8
Febrero	43		0	0		186,8
Marzo	33	69	36	60,12	114,99	361,91
Abril	36		0	0		361,91
Mayo	40	74	34	56,78	114,99	533,68
Junio	34		0	0		533,68
Julio	60	94	34	56,78	114,99	705,45
Agosto	34		0	0		705,45
Septiembre	41	90	49	81,83	114,99	902,27
Octubre	49		0	0	0	902,27
Noviembre	41	71	30	50,1	114,99	1067,36
Diciembre	30		0	0	0	1067,36

TVC:
[1] 1015.64

solution:

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]
[1,]	110.34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2,]	166.34	220.68	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	361.54	318.28	276.68	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	567.94	455.88	345.48	387.02	455.82	NA	NA	NA
[5,]	900.74	705.48	511.88	470.22	503.82	566.16	NA	NA
[6,]	1140.74	897.48	655.88	566.22	724.62	676.56	614.16	NA
[7,]	1803.14	1449.48	1097.48	897.42	724.62	676.56	614.16	NA
[8,]	2239.94	1823.88	1409.48	1147.02	911.82	801.36	676.56	724.5
[9,]	2918.34	2417.48	1918.28	1571.02	1251.02	1055.76	846.16	809.3
[10,]	3350.34	2801.48	2254.28	1859.02	1491.02	1247.76	990.16	905.3
[11,]	4342.34	3694.28	3047.88	2553.42	2086.22	1743.76	1386.96	1202.9
[12,]	5116.74	4398.28	3681.48	3116.62	2579.02	2166.16	1738.96	1484.5
	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]				
[1,]	NA	NA	NA	NA				
[2,]	NA	NA	NA	NA				
[3,]	NA	NA	NA	NA				
[4,]	NA	NA	NA	NA				
[5,]	NA	NA	NA	NA				
[6,]	NA	NA	NA	NA				
[7,]	NA	NA	NA	NA				
[8,]	NA	NA	NA	NA				
[9,]	786.9	NA	NA	NA				
[10,]	834.9	897.24	NA	NA				
[11,]	1033.3	996.44	945.24	NA				
[12,]	1244.5	1137.24	1015.64	1055.58				

Jt:
[1] "1" "1" "3" "3" "5" "5" "7" "7" "9" "9" "11" "11"

SKU_3						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	47	82	35	56	110,34	166,34
Febrero	35		0	0		166,34
Marzo	61	104	43	68,8	110,34	345,48
Abril	43		0	0		345,48
Mayo	52	82	30	48	110,34	503,82
Junio	30		0	0		503,82
Julio	69	108	39	62,4	110,34	676,56
Agosto	39		0	0		676,56
Septiembre	53	83	30	48	110,34	834,9
Octubre	30		0	0	0	834,9
Noviembre	62	106	44	70,4	110,34	1015,64
Diciembre	44		0	0	0	1015,64

TVC:
[1] 723.88

solution:

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]
[1,]	68.84	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2,]	107.84	137.68	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	217.04	192.28	176.68	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	399.56	313.96	237.52	245.52	NA	NA	NA	NA
[5,]	717.80	552.64	396.64	325.08	306.36	NA	NA	NA
[6,]	1076.60	839.68	611.92	468.60	378.12	375.20	NA	NA
[7,]	1525.88	1214.08	911.44	693.24	527.88	450.08	444.04	NA
[8,]	1864.40	1504.24	1153.24	886.68	672.96	546.80	492.40	512.88
[9,]	2176.40	1777.24	1387.24	1081.68	828.96	663.80	570.40	551.88
[10,]	2667.80	2214.04	1769.44	1409.28	1101.96	882.20	734.20	661.08
[11,]	3011.00	2522.92	2044.00	1649.52	1307.88	1053.80	871.48	764.04
[12,]	3491.48	2959.72	2437.12	1998.96	1613.64	1315.88	1089.88	938.76
	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]				
[1,]	NA	NA	NA	NA				
[2,]	NA	NA	NA	NA				
[3,]	NA	NA	NA	NA				
[4,]	NA	NA	NA	NA				
[5,]	NA	NA	NA	NA				
[6,]	NA	NA	NA	NA				
[7,]	NA	NA	NA	NA				
[8,]	NA	NA	NA	NA				
[9,]	561.24	NA	NA	NA				
[10,]	615.84	620.72	NA	NA				
[11,]	684.48	655.04	684.68	NA				
[12,]	815.52	742.40	728.36	723.88				

Jt:
[1] "1" "1" "3" "3" "5" "6" "7" "7" "8" "9" "10" "12"

SKU_17						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	44	69	25	39	68,84	107,84
Febrero	25		0	0		107,84
Marzo	35	74	39	60,84	68,84	237,52
Abril	39		0	0		237,52
Mayo	51	51	0	0	68,84	306,36
Junio	46	46	0	0	68,84	375,2
Julio	48	48	0	0	68,84	444,04
Agosto	31	56	25	39	68,84	551,88
Septiembre	25		0	0		551,88
Octubre	35	57	22	34,32	68,84	655,04
Noviembre	22		0	0		655,04
Diciembre	28	28	0	0	68,84	723,88

TVC:
[1] 933.81

solution:

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]
[1,]	95.48	NA						
[2,]	179.47	190.96	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	297.51	249.98	274.95	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	433.71	340.78	320.35	345.46	NA	NA	NA	NA
[5,]	724.27	558.70	465.63	418.10	415.83	NA	NA	NA
[6,]	951.27	740.30	601.83	508.90	461.23	511.31	NA	NA
[7,]	1278.15	1012.70	819.75	672.34	570.19	565.79	556.71	NA
[8,]	1802.52	1462.16	1194.30	971.98	794.92	715.61	631.62	652.19
[9,]	2202.04	1811.74	1493.94	1221.68	994.68	865.43	731.50	702.13
[10,]	2671.93	2229.42	1859.41	1534.94	1255.73	1074.27	888.13	806.55
[11,]	3398.33	2883.18	2440.53	2043.42	1691.57	1437.47	1178.69	1024.47
[12,]	4047.55	3473.38	2971.71	2515.58	2104.71	1791.59	1473.79	1260.55
	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]				
[1,]	NA	NA	NA	NA				
[2,]	NA	NA	NA	NA				
[3,]	NA	NA	NA	NA				
[4,]	NA	NA	NA	NA				
[5,]	NA	NA	NA	NA				
[6,]	NA	NA	NA	NA				
[7,]	NA	NA	NA	NA				
[8,]	NA	NA	NA	NA				
[9,]	727.10	NA	NA	NA				
[10,]	779.31	797.61	NA	NA				
[11,]	924.59	870.25	874.79	NA				
[12,]	1101.65	988.29	933.81	965.73				

Jt:
[1] "1" "1" "2" "3" "5" "5" "7" "7" "8" "9" "10" "11"

SKU_11						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	19	56	37	83,99	95,48	179,47
Febrero	37		0	0		179,47
Marzo	26	46	20	45,4	95,48	320,35
Abril	20		0	0		320,35
Mayo	32	52	20	45,4	95,48	461,23
Junio	20		0	0		461,23
Julio	24	57	33	74,91	95,48	631,62
Agosto	33		0	0		631,62
Septiembre	22	45	23	52,21	95,48	779,31
Octubre	23		0	0		779,31
Noviembre	32	58	26	59,02	95,48	933,81
Diciembre	26		0	0		933,81

TVC:
[1] 598.9

solution:

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]
[1,]	57.98	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2,]	79.57	115.96	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	153.23	152.79	137.55	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	298.01	249.31	185.81	195.53	NA	NA	NA	NA
[5,]	496.13	397.90	284.87	245.06	243.79	NA	NA	NA
[6,]	781.88	626.50	456.32	359.36	300.94	301.77	NA	NA
[7,]	1231.46	1001.15	756.04	584.15	450.80	376.70	358.92	NA
[8,]	1355.92	1107.83	844.94	655.27	504.14	412.26	376.70	416.90
[9,]	1630.24	1347.86	1050.68	826.72	641.30	515.13	445.28	451.19
[10,]	2076.01	1744.10	1397.39	1123.90	888.95	713.25	593.87	550.25
[11,]	2558.61	2178.44	1783.47	1461.72	1178.51	954.55	786.91	695.03
[12,]	3215.20	2775.34	2320.68	1939.24	1596.34	1312.69	1085.36	933.79
	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]				
[1,]	NA	NA	NA	NA				
[2,]	NA	NA	NA	NA				
[3,]	NA	NA	NA	NA				
[4,]	NA	NA	NA	NA				
[5,]	NA	NA	NA	NA				
[6,]	NA	NA	NA	NA				
[7,]	NA	NA	NA	NA				
[8,]	NA	NA	NA	NA				
[9,]	434.68	NA	NA	NA				
[10,]	484.21	492.66	NA	NA				
[11,]	580.73	540.92	542.19	NA				
[12,]	759.80	660.30	601.88	598.9				

Jt:
[1] "1" "1" "3" "3" "5" "5" "7" "7" "9" "9" "10" "12"

SKU_12						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	55	72	17	21,59	57,98	79,57
Febrero	17		0	0		79,57
Marzo	29	67	38	48,26	57,98	185,81
Abril	38		0	0		185,81
Mayo	39	84	45	57,15	57,98	300,94
Junio	45		0	0	57,98	358,92
Julio	59	73	14	17,78		376,7
Agosto	14		0	0	57,98	434,68
Septiembre	27	27	0	0		434,68
Octubre	39	77	38	48,26	57,98	540,92
Noviembre	38		0	0		540,92
Diciembre	47	47	0	0	57,98	598,9

TVC:
[1] 508.26

solution:

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]
[1,]	54.74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2,]	88.78	109.48	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3,]	174.62	152.40	143.52	NA	NA	NA	NA	NA
[4,]	267.86	214.56	174.60	198.26	NA	NA	NA	NA
[5,]	377.38	296.70	229.36	225.64	229.34	NA	NA	NA
[6,]	477.28	376.62	289.30	265.60	249.32	280.38	NA	NA
[7,]	601.60	480.22	372.18	327.76	290.76	301.10	304.06	NA
[8,]	808.80	657.82	520.18	446.16	379.56	360.30	333.66	345.50
[9,]	1122.56	932.36	755.50	642.26	536.44	477.96	412.10	384.72
[10,]	1502.18	1269.80	1050.76	895.34	747.34	646.68	538.64	469.08
[11,]	1901.78	1629.44	1370.44	1175.06	987.10	846.48	698.48	588.96
[12,]	2154.12	1858.84	1576.90	1358.58	1147.68	984.12	813.18	680.72
	[,9]	[,10]	[,11]	[,12]				
[1,]	NA	NA	NA	NA				
[2,]	NA	NA	NA	NA				
[3,]	NA	NA	NA	NA				
[4,]	NA	NA	NA	NA				
[5,]	NA	NA	NA	NA				
[6,]	NA	NA	NA	NA				
[7,]	NA	NA	NA	NA				
[8,]	NA	NA	NA	NA				
[9,]	388.40	NA	NA	NA				
[10,]	430.58	439.46	NA	NA				
[11,]	510.50	479.42	485.32	NA				
[12,]	579.32	525.30	508.26	534.16				

Jt:
[1] "1" "1" "3" "3" "4" "5" "5" "7" "8" "9" "10" "11"

SKU_22						
Meses	Requerimientos	Cantidad de orden	Inventario final	costo mmto	costo de ordenar	costo total acumulado
Enero	45	91	46	34,04	54,74	88,78
Febrero	46		0	0		88,78
Marzo	58	100	42	31,08	54,74	174,6
Abril	42		0	0		174,6
Mayo	37	64	27	19,98	54,74	249,32
Junio	27		0	0		249,32
Julio	28	68	40	29,6	54,74	333,66
Agosto	40		0	0		333,66
Septiembre	53	110	57	42,18	54,74	430,58
Octubre	57		0	0		430,58
Noviembre	54	85	31	22,94	54,74	508,26
Diciembre	31		0	0		508,26