



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA INDUSTRIAL**

**TEMA: MODELO MULTIPRODUCTO PARA EL CONTROL DE
INVENTARIOS EN LA DISTRIBUIDORA DE HILOS Y FIBRAS
TEXTILES “CASATEX”**

AUTOR: MARIA DENISSE PORTILLA TORRES

DIRECTOR: PHD. HENRY PAÚL DÍAZ IZA

IBARRA- ECUADOR

2022



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 de la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100397998-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Portilla Torres María Denisse		
DIRECCIÓN:	Ibarra (Yacucalle)		
EMAIL:	mdportillat@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0969123191

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Modelo Multiproducto para el Control de Inventarios en la Distribuidora de Hilos y Fibras Textiles "CASATEX"
AUTOR (ES):	Portilla Torres María Denisse
FECHA:	09/09/22
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Industrial
ASESOR /DIRECTOR:	PHD. Henry Paúl Díaz Iza



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

2.- CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, 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 esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 09 de septiembre de 2022

LA AUTORA

Maria Denisse Portilla Torres

C.I: 100397998-4



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

PHD. Henry Paúl Díaz Iza, director del Trabajo de Grado desarrollado por la señorita estudiante MARÍA DENISSE PORTILLA TORRES.

CERTIFICA

Que, el proyecto de trabajo de grado titulado "MODELO MULTIPRODUCTO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS EN LA DISTRIBUIDORA DE HILOS Y FIBRAS TEXTILES CASATEX", ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante María Denisse Portilla Torres, 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, 09 de septiembre de 2022

PHD. Henry Paúl Díaz Iza

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para las dos mujeres más importantes de mi vida, mi abuelita Soni y mi tía Gabriela, porque siempre han estado conmigo, y han sido parte fundamental de cada una de las etapas de mi vida

María Denisse Portilla Torres



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

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme la vida y permitirme terminar otra etapa de mi vida.

A mi universidad porque en sus aulas desarrolle mis aptitudes para convertirme en una futura profesional.

A la carrera y a los diferentes docentes que conocí, que me enseñaron más allá del conocimiento, antes que todo a ser una buena persona.

A la Empresa CASATEX por permitirme realizar mi tesis, en especial al Ing. Wilson Maya, quien me brindo mucho apoyo para culminar este trabajo.

A toda mi familia por estar ahí en los momentos malos y buenos, y ayudarme en todo este proceso.

A mi pequeña bombón quién llego en el momento exacto a mi vida y fue un gran impulso para seguir con el desarrollo de este trabajo.

¡Si se pudo, lo logramos!!

María Denisse Portilla Torres

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	GENERALIDADES.....	1
1.1	Problema.....	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivo Específicos	2
1.3	Alcance.....	2
1.4	Justificación.....	3
1.5	Metodología	3
1.5.1	Enfoque de la Investigación.....	3
1.5.2	Técnicas de Recolección de la Información.....	4
1.5.3	Instrumentos.....	4
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1	Inventario	5
2.2	Propósito del Inventario	6
2.3	Por qué es necesario Mantener Inventario	6

2.4	Tipos de Inventario.....	7
2.4.1	Por la fuente de la demanda	7
2.4.2	La posición del inventario en el proceso.....	8
2.4.3	Función o uso del inventario dentro del proceso	8
2.5	ANÁLISIS ABC	9
2.6	Pronósticos	10
2.6.1	Qué son los Pronósticos	10
2.6.2	Tipos de Pronósticos	11
2.6.3	Pasos fundamentales en un sistema de pronósticos	13
2.6.4	Métodos de Pronósticos	14
2.6.5	Error del Pronóstico	18
2.6.6	Medición de error.....	19
2.7	TEORÍA DE INVENTARIOS	20
2.7.1	Modelos matemáticos de inventarios	20
2.7.2	Componentes de los Modelos de Inventarios.....	20
2.7.3	Modelos Determinísticos	21

2.7.4	Modelos Determinísticos de demanda conocida variable	24
2.7.5	Modelos Aleatorios	26
2.8	Modelos de Inventarios para varios ítems.....	28
2.8.1	Modelos Multiproductos	28
2.8.2	Coordinación de Inventarios	28
2.8.3	Formulación de los Modelos Multiproductos	29
2.8.4	Restricciones en los Modelos Multiproductos	31
2.9	GAMS	32
2.9.1	Modelos de Optimización	32
3	DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	34
3.1	Antecedentes	34
3.2	Misión.....	34
3.3	Visión	34
3.4	Valores Institucionales	35
3.5	Ubicación de la empresa	36
3.6	Organigrama de la empresa.....	37

3.7	Proveedores y Clientes	37
3.8	Flujograma del Proceso de Abastecimiento	38
3.9	Análisis del Inventario	40
3.9.1	Identificación del Problema	40
3.9.2	Análisis de las causas del problema	41
3.9.3	Análisis del producto.....	43
4	CAPÍTULO IV: PROPUESTA	46
4.1	Manual de Recepción y Expedición de los Materiales	46
4.2	Diseño del Modelo Multiproducto con programación Mixta.....	46
4.2.1	Observación de los datos.....	46
4.2.2	Estacionalización de los datos.....	47
4.2.3	Ajuste de Datos	48
4.2.4	Pronósticos	49
4.3	Coefficiente de Variabilidad.....	50
4.4	Cálculo de los costos relacionados al inventario.....	51
4.4.1	Costo de mantener inventario.....	51

4.4.2	Costo de transporte y de pedido.....	53
4.5	Modelo Multiproducto	54
4.5.1	Formulación Matemática	55
4.5.2	Aplicación del Modelo Matemático Multiproducto con programación Mixta 57	
4.5.3	Resultados del Software.....	58
4.5.4	Análisis de los Resultados.....	62
4.5.5	Instructivo del Modelo Multiproducto.....	62
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFIA.....	66
	ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porque mantener inventario	7
Tabla 2 Comparaciones entre los dos modelos	27
Tabla 3 Ventajas y desventajas de la coordinación de inventarios	29
Tabla 4 Restricciones de los Modelos Multiproductos	31
Tabla 5 Expresiones matemáticas, problemas de optimización	33
Tabla 6 Detalle de los productos con su respectivo proveedor	38
Tabla 7 Ventas de las Familias de productos	43
Tabla 8 Tabla de resumen ABC	44
Tabla 9 Valores de Estacionariedad	47
Tabla 10 Valores de estacionariedad ya ajustados	48
Tabla 11 Coeficiente de variabilidad de los primeros 7 productos	51
Tabla 12 Cálculo de la tasa de almacenamiento	52
<i>Tabla 13</i> <i>Cálculo del costo de mantener inventario</i>	53
Tabla 14 Porcentaje de mejora en Costos de compra de los productos	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación ABC.....	9
Figura 2 Elementos presentes al pronosticar.....	10
Figura 3 Horizontes de tiempo del pronóstico.....	11
Figura 4 Pronósticos por su posición en el entorno.....	12
Figura 5 Pronósticos por su tendencia.....	12
Figura 6 Ambiente común de un sistema de pronósticos.....	13
Figura 7 Pronósticos cuantitativos.....	15
Figura 8 Modelos según su demanda.....	20
Figura 9 Diagrama del nivel de inventario EOQ.....	21
Figura 10 Diagrama del nivel de inventario EOQ con faltantes.....	22
Figura 11 Costo total por unidad de tiempo.....	23
Figura 12 Nivel de inventario EPQ.....	23
Figura 13 Análisis del Modelo Multiproducto.....	30
Figura 14 Ubicación de la empresa “CASATEX”.....	36

Figura 15 Organigrama estructural de la empresa	37
Figura 16 Flujograma de Abastecimiento.....	39
Figura 17 Diagrama de Ishikawa	40
Figura 18 Diagrama de Pareto CASATEX.....	45
Figura 19 Pronóstico de la demanda 2022 del Hilo0027	50
Figura 20 Modelo Matemático en el Software GAMS STUDIO	58
Figura 21 Costo Óptimo.....	58
Figura 22 Cantidad para ordenar.....	59
Figura 23 Inventario Final.....	60
Figura 24 Variable Binaria.....	60
Figura 25 Cantidades Optimas de Pedido en GAMS.....	61

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Promedio móvil	16
Ecuación 2 Promedio ponderado móvil	16
Ecuación 3 Suavización Exponencial	16
Ecuación 4 Tendencia	17
Ecuación 5 Encontrar valores a y b.....	17
Ecuación 6 Regresión Lineal.....	18
Ecuación 7 Error del Pronóstico.....	18
Ecuación 8 MAD.....	19
Ecuación 9 MSE.....	19
Ecuación 10 MAPE.....	19
Ecuación 11 Algoritmo Wagner Whiting.....	24
Ecuación 12 Algoritmo de Wagner Whiting.....	25
Ecuación 13 Costo Total 1	29
Ecuación 14 Costo Total 2	30

Ecuación 15 Costo Total	30
Ecuación 16 Costo de mantener	52
Ecuación 17 Costo Total Óptimo de Compra	55
Ecuación 18 Balance de Inventarios	56
Ecuación 19 Capacidad	56
Ecuación 20 Balance binarias	56
Ecuación 21 Restricción de demanda e Inventario Final	56
Ecuación 22 Restricción Binaria	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario sobre el Manejo y control de Inventarios de CASATEX	70
Anexo 2 Datos históricos de las cantidades de ventas de los primeros 5 meses de la distribuidora (2019-2021).....	71
Anexo 3 Clasificación ABC de los productos	72
Anexo 4 Manual de Recepción y Expedición.....	75
Anexo 5 Código de Estacionariedad.....	91
Anexo 6 Ajuste de series de Tiempo y Estacionariedad.....	92
Anexo 7 Código ARIMA.....	93
Anexo 8 Pronósticos de demanda para el año 2022	94
Anexo 9 Datos Exel	95
Anexo 10 Cantidades a pedir para el año 2022 de todos los productos A.....	96
Anexo 11 Instructivo del Modelo Multiproducto	97

RESUMEN

El trabajo se desarrolla para la implementación de un modelo de inventarios Multiproducto con Programación Lineal Mixta, para reducir los costos de adquisición de los productos. La empresa en la que se aplica es una distribuidora que se dedica a la venta de diferentes hilos, para la confección de prendas.

Lo primero que se realiza es la recolección de los datos de ventas, para clasificar los productos en tipo A, B y C, de este grupo solo se escogen a los más relevantes que corresponden al grupo A. Para la aplicación del modelo matemático se calcula el costo de mantener inventario; para el costo de pedido y de transporte CASATEX nos facilitó esta información. La base de datos esta guardada en una hoja de Excel, la cual detalla la información de los 50 hilos, con los cuales el modelo al ejecutarse brinda la información de las cantidades óptimas de pedido en un año, así como el costo total de adquisición de los hilos. Finalmente, con el modelo la empresa podrá tener una mejor planificación de cuándo y cuánto debe realizar sus pedidos, así evitando costos innecesarios.

ABSTRACT

The work is developed for the implementation of a Multiproduct inventory model with Mixed Linear programming, to reduce the acquisition costs of the products. The company in which it is applied is a distributor dedicated to the sale of different yarns for the manufacture of garments.

The first thing that is done is the collection of sales data, to classify the products in type A, B and C, from this group only the most relevant are chosen, that is, those of type A. For the application of the model mathematician calculates the cost of holding inventory; for the cost of order and transportation CASATEX provided us with the information. The database is stored in an excel sheet, which details the information of the 50 threads, with which the model, when executed, provides the information of the optimal order quantities in a year, as well as the total cost of acquisition of the threads. Finally, with the model, the company will be able to have a better planning of when and how much it should place its orders, thus avoiding unnecessary costs.

1 GENERALIDADES

1.1 Problema

CASATEX es una mediana empresa que se encuentra ubicada en la ciudad de Otavalo, esta también cuenta con una sucursal en la ciudad de Atuntaqui. La empresa tiene 25 años en el mercado y su principal actividad es la comercialización de hilos y fibras textiles de material 100% acrílicas, las cuales expende a empresas y artesanos que se dedican a la fabricación de diferentes tipos de tejidos.

La empresa maneja un inventario muy amplio de productos y se ha identificado que tiene un inadecuado control en el nivel óptimo de sus inventarios. Ya que se compra mucho o poco de los artículos que se comercializa, y esto se debe a que las cantidades a ordenar se lo hace de manera empírica sin un criterio técnico, lo que ha producido pérdidas económicas para la empresa. En consecuencia, se tiene que vender a un menor precio los productos o la empresa opta por reprocesarlos de tonos de colores que si se venden, para que así el producto no pase meses guardado en bodega.

Además, por la falta de organización la empresa tiene diferencias en inventario, es decir las cantidades disponibles físicamente no coinciden con lo que dice el sistema o puede suceder, al contrario, ya que cuando realizan la venta individualmente de los conos se olvidan de registrarlos.

Mediante la optimización del modelo de control de inventarios Multiproductos la empresa podrá tener un mejor control de sus productos mediante métodos que le permitirán clasificar, ordenar y llevar un nivel óptimo de inventario y así mejorar el nivel de servicio para sus clientes.

Con la realización de estas herramientas, se pretende fortalecer algunas áreas deficientes en el manejo de inventarios que sufre la empresa ya que con una información más exacta se podrá tomar decisiones más acertadas que beneficiaran a la empresa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar un control de inventarios de la Distribuidora de hilos y fibras textiles “CASATEX” mediante el modelo Multiproducto, para ordenar la cantidad óptima de cada uno de sus productos a ser comercializados.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Investigar varias fuentes bibliográficas para realizar un marco teórico completo referente al tema.
- Establecer la situación actual de la empresa, mediante un diagnóstico.
- Diseñar un modelo para la recepción y expedición de materiales de la empresa.
- Modelizar el problema y solucionarlo a través de un lenguaje de programación matemática para el óptimo control del inventario Multiproducto.

1.3 Alcance

El trabajo de titulación se realizará en la matriz de la empresa ubicada en Otavalo, específicamente en el área de almacén y aplicada a los productos que representan el 80% de sus ventas.

La aplicación del modelo permitirá optimizar el control de inventarios en la Distribuidora de Hilos y Fibras Textiles CASATEX, a la cual se le entregará el modelo, que le permitirá determinar las cantidades exactas, de sus productos a comercializarse.

1.4 Justificación

La base de toda empresa comercial es la compra y venta de bienes y servicios; es así como un inventario tiene el propósito fundamental de proveer a la empresa de materiales necesarios para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir el inventario tiene un papel vital para un buen funcionamiento dentro del proceso de producción de la empresa para afrontar de una manera eficaz la demanda de sus productos (Londoño, Arias , & Puerta , 2011)

Con el Modelo Multiproductos la empresa podrá tener información confiable de las cantidades a ordenar de sus diversos artículos, además de analizar otras variables de suma importancia que nos permitirán mejorar la calidad del servicio y del mismo proceso.

Además, este trabajo de investigación ayudará a la empresa y a sus trabajadores, ya que, con la utilización de herramientas de ingeniería, el proceso de control de inventarios de la empresa será más ordenado y eficiente desde su aplicación.

Este trabajo también se relaciona con el Plan de Creación de Oportunidades (2021-2025) específicamente está alineado con los Objetivos del Eje Económico. - Objetivo 3: Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero bajo el enfoque de la economía popular.

1.5 Metodología

1.5.1 Enfoque de la Investigación

En esta investigación utilizaremos la investigación mixta ya que utilizaremos datos cuantitativos para la realización del modelo y cualitativos el diseño del modelo de recepción y expedición de materiales.

1.5.2 Técnicas de Recolección de la Información

Recopilación de información: Se recolectará toda la información importante para realizar el análisis de la empresa, y mediante estos aplicar los diferentes modelos.

Observación: Describiremos la situación tal y como sucede en el sitio objeto de investigación.

1.5.3 Instrumentos

Utilizaremos paquetes de programas de programación para la resolución del modelo de optimización de control de inventarios, GAMS Studio y R.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Inventario

Desde épocas antiguas se solía guardar grandes cantidades de alimentos, con esto se evitaba la escasez en tiempos de sequía. De esta manera aparecieron los problemas de inventarios, en la actualidad no solo son aplicados para el almacenamiento de alimentos sino también de bienes o materiales, que son necesarios para el funcionamiento productivo de cualquier empresa (Londoño, Arias , & Puerta , 2011).

Los inventarios son de vital importancia en el desenvolvimiento de las industrias, independientemente de si estas son empresas de producción o de servicios.

En una empresa de producción: la finalidad de los inventarios se refiere a todos los materiales estos pueden ser materia prima, productos terminados, componentes, suministros y trabajo en proceso que son necesarios para la producción del bien que se fabrique en la empresa (Chase & Jacobs, 2014).

Para una empresa de servicios: los inventarios se refieren a los bienes que se adquieren para su venta y a los suministros que son necesarios para un buen nivel de servicio (Chase & Jacobs, 2014).

Con una buena gestión de los inventarios estos nos permiten tomar decisiones básicas, según (Pérez, 2020), nos menciona las siguientes:

¿Qué ordenar? —> Decisión de variedad

¿Cuánto ordenar? —> Decisión de cantidad

¿Cuándo ordenar? —> Decisión de tiempo

Al realizarse estas preguntas, las empresas podrán tener un buen manejo y control del inventario, además de evitar pérdidas económicas ya que se tendrá lo justo y necesario en almacén.

2.2 Propósito del Inventario

Según (Chase & Jacobs, 2014) es importante para todas las empresas mantener un suministro de inventario, por los siguientes motivos:

1. **Para mantener la independencia entre las operaciones:** El suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en cada una de las operaciones.
2. **Cubrir la variación de la demanda:** Si conocemos la cantidad a producir de los productos, podemos satisfacer la demanda que se necesita en el momento.
3. **Permite flexibilidad en la programación de la producción:** Cuando se tiene un inventario se reduce la presión en el sistema de producción para tener productos terminados.
4. **Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima:** Al realizar un pedido al proveedor este puede presentar varios inconvenientes al momento de la entrega de los materiales.
5. **Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido:** Costos relacionados a los pedidos dependiendo de su tamaño.

2.3 Por qué es necesario Mantener Inventario

Es necesario mantener inventario en las empresas, sin importar del tipo de inventario que se disponga; porque permite tener un colchón de previsión de los productos, además de que en algunos casos también permiten la reducción de algunos costos.

La Tabla 1 detalla las principales razones del porque es necesario mantener inventario de materia prima, en proceso y producto terminado:

Tabla 1 Porque mantener inventario

Productos terminados	<ol style="list-style-type: none">1. Esencial en las estrategias de posicionamiento de una producción, para existencias de importancia estratégica.2. Necesario en planes agregados de nivelar capacidad.3. Los productos se pueden exhibir y mostrar al cliente
En Proceso	<ol style="list-style-type: none">1. Necesario para la producción enfocada a procesos; desacopla las etapas de la producción, incrementa su flexibilidad.2. La producción y transporte de grandes lotes de productos crea más inventarios, pero puede reducir los costos de manejo de materiales y de producción.
Materias primas	<ol style="list-style-type: none">1. Los proveedores producen y embarcan algunas materias primas en lotes.2. Compras más grandes dan como resultado mayor inventario, pero también pueden dar como resultado descuentos por cantidad y costes menores de flete y de manejo de materiales.

Fuente: (Gaither & Frazier, 2000)

Elaborado por: Denisse Portilla

2.4 Tipos de Inventario

Existen diferentes tipos de inventarios por el criterio de (Chapman, 2006), estos se clasifican en tres categorías:

2.4.1 Por la fuente de la demanda

- **Inventario de demanda independiente:** se denomina de esta manera ya que la demanda del inventario no está sujeta a las acciones de la empresa. En la mayoría de

los casos este inventario pertenece a productos finales, es decir que están listos para venderse.

- **Inventario de demanda dependiente:** la demanda en este caso depende directamente a decisiones internas de la empresa, sobre todo a la decisión de que fabricar, en que cantidad y en qué momento.

2.4.2 La posición del inventario en el proceso

- **Materia prima:** son los materiales que se adquieren para la elaboración del producto final.
- **Trabajo en proceso:** es el inventario que ha recibido valor agregado, pero que aún no está listo para su venta.
- **Bienes terminados:** Son los productos que pasaron por todo el proceso de producción y que se encuentran listos para su venta en el mercado.
- **Mantenimiento, reparación y operaciones:** son los materiales que se brindan para dar apoyo a los procesos productivos y de negocio de la empresa. Estos por lo general son suministros de limpieza, suministros de oficina, partes de repuestos, aceites de maquinaria, etc.

2.4.3 Función o uso del inventario dentro del proceso

- **Inventario de tránsito:** son los materiales que se mueven de un punto a otro, en el sistema de distribución.
- **Inventario de ciclo:** este se presenta cuando la tasa de reabastecimiento es mayor es mayor a la demanda, esto sucede por los costos de configuración, costos de pedido o por cuestiones de empaque.
- **Inventario de seguridad:** este inventario se mantiene para proteger a la empresa por si se presenta algún problema como retrasos en los pedidos, que las máquinas se descompongan, etc. Es un inventario que se tiene “por si acaso”.

- **Inventario de anticipación:** este es un inventario que se acumula con el propósito de adelantarse al exceso de demanda respecto de la producción normal.
- **Inventario de desacople:** este inventario se ubica entre las operaciones, para que estas funcionen independientemente.

2.5 ANÁLISIS ABC

Es un análisis que divide en tres categorías a los productos del inventario, con base en su volumen anual en dinero.

Los artículos de clase A: constituyen el 15% del porcentaje de inventario, representan el 70% o 80% del total del dinero.

Los artículos de clase B: representan el 30% del inventario, y en valor de dinero un 15% y 25%.

Los artículos C: representan un 5% de ganancias, pero constituye el 55% de artículos en inventario (Render & Heizer, 2017).

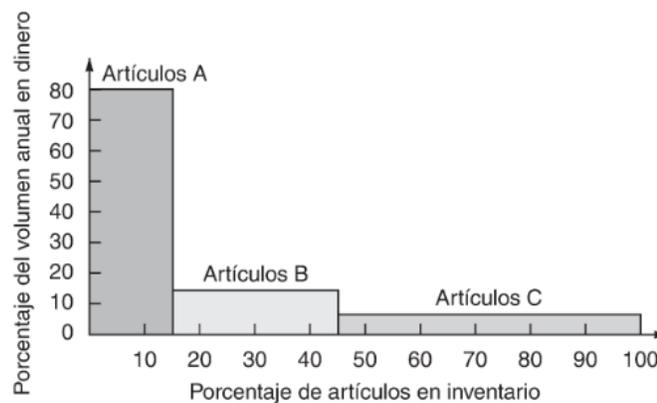


Figura 1 Clasificación ABC

Fuente: (Render & Heizer, Principios de Administración de Operaciones, 2017)

Mediante la clasificación ABC podemos detectar cuales son los productos estrella de una empresa, así podemos clasificarlos y enfocarnos en el grado de importancia de cada producto como se muestra en la Figura 1.

2.6 Pronósticos

2.6.1 *Qué son los Pronósticos*

Pronosticar es la ciencia de predecir los eventos futuros. Se puede emplear datos históricos y su proyección al futuro mediante modelos matemáticos. También puede ser una predicción subjetiva; o una combinación de las dos, lo que quiere decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador (Render & Heizer, 2017).

La siguiente Figura 2 se señalan los elementos que se debe tener en cuenta al realizar un pronóstico:

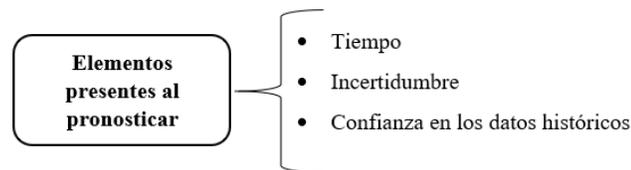


Figura 2 Elementos presentes al pronosticar

Fuente: (Montemayor, 2015)

2.6.2 Tipos de Pronósticos

Los pronósticos pueden clasificarse según las siguientes categorías:

- **Por el Horizonte de tiempo del pronóstico**

Según (Render & Heizer, 2017) un pronóstico se clasifica según el tiempo que cubre a futuro.

La Figura 3 muestra la clasificación:

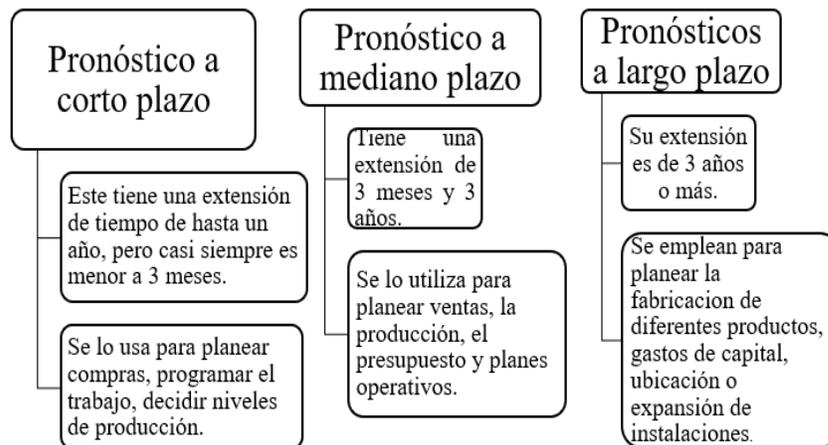


Figura 3 Horizontes de tiempo del pronóstico

Fuente: (Render & Heizer, 2017)

- **Por su posición en el entorno**

En la Figura 4 (Hanke & Wicher, 2010) propone esta clasificación, de acuerdo con su entorno y estos son:

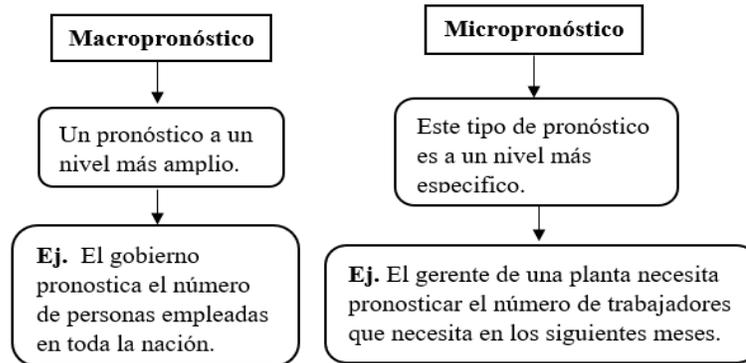


Figura 4 Pronósticos por su posición en el entorno

Fuente: (Hanke & Wicher, 2010)

- **Por su tendencia**

En la Figura 5 se muestra esta clasificación:

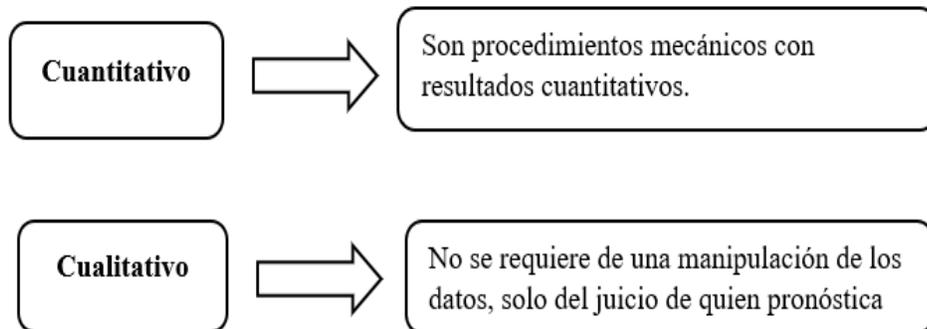


Figura 5 Pronósticos por su tendencia

Fuente: (Hanke & Wicher, 2010)

2.6.3 Pasos fundamentales en un sistema de pronósticos

Para implementar un buen sistema de pronósticos por el concepto de (Render & Heizer, 2017) debemos seguir los siguientes pasos:

1. Definir y comprender para que se va a utilizar el pronóstico.
2. Escoger los aspectos que serán pronosticados.
3. Seleccionar el periodo de tiempo a pronosticar.
4. Elegir el modelo de pronóstico.
5. Recopilar los datos, para elaborar la predicción.
6. Realizar el pronóstico.
7. Validar e implementar los resultados.

A continuación, en la Figura 6. se puede observar cómo se maneja un sistema de pronósticos:

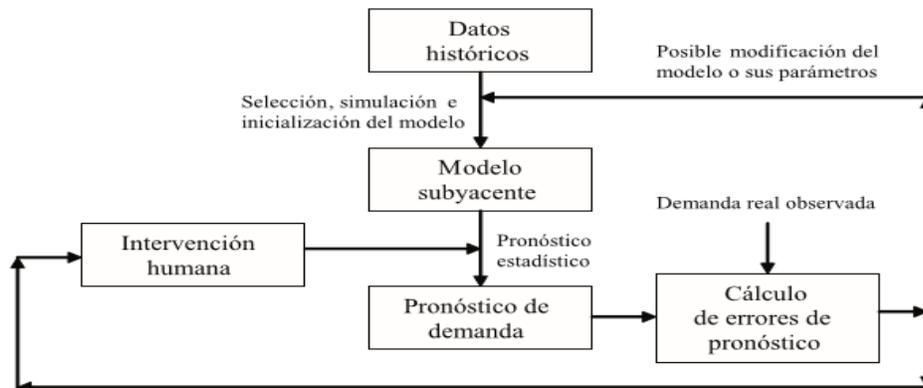


Figura 6 Ambiente común de un sistema de pronósticos

Fuente: (Vidal Holguín, 2010)

2.6.4 Métodos de Pronósticos

Métodos de Pronósticos Cualitativos

Estos pronósticos se realizan cuando no se tienen datos históricos, y se los utiliza para predicciones a largo plazo, además se basan en el criterio de expertos en el tema. Aquí los métodos más comunes:

- **Pronóstico visionario**

Cualquier persona puede realizar este tipo de pronósticos, se lo realiza a partir de la información que se tiene a la mano, con esto se puede llegar a conocer lo que sucederá en el futuro (Montemayor, 2015).

- **Analogía histórica**

En estos tipos de pronósticos la experiencia es un factor muy importante, ya que con la práctica adquirida en el mercado se puede incursionar en otro (Montemayor, 2015).

- **Consenso de un panel**

Método en el que se aprovecha la opinión de los expertos, mediante un consenso entre todos los participantes, llegan a un acuerdo sobre los valores a predecir (Montemayor, 2015).

- **Método Delphi**

Aquí para realizar la predicción existe la participación de los siguientes participantes:

El personal: se encarga de preparar los cuestionarios y de los resultados de las encuestas.

Los entrevistados: grupo de personas en donde los juicios que emiten se valoran.

Los que toman las decisiones: son un grupo de expertos, y son los que elaboran el pronóstico real (Montemayor, 2015).

Métodos de Pronóstico cuantitativos

Estos métodos se caracterizan por la utilización de datos históricos, estos se subdividen en dos categorías:

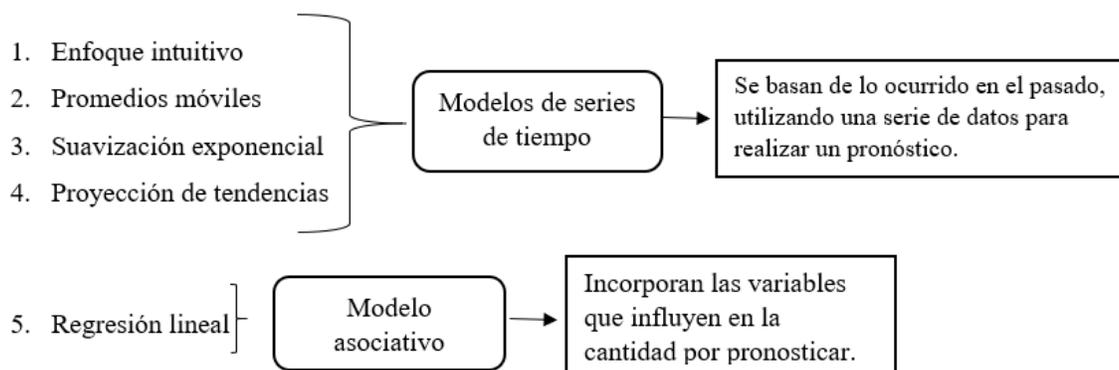


Figura 7 Pronósticos cuantitativos

Fuente: (Render & Heizer, 2017)

Como se observa en la Figura 7 se divide en dos tipos: en modelos de series de tiempo los cuales se subdividen en cuatro categorías, y los modelos asociativos que solo tienen una categoría. A continuación, se detalla a cada uno de ellos:

Modelos de Series de Tiempo

- **Enfoque intuitivo**

Esta técnica es la manera más sencilla de pronosticar, porque se supone que la demanda del período siguiente será igual a la demanda del período anterior (Render & Heizer, 2017).

- **Promedios Móviles**

Con este método se utiliza un promedio de los n períodos más recientes, para poder predecir el siguiente período.

El promedio móvil matemáticamente se lo expresa como en la ecuación 1:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum \text{Demanda en los } n \text{ periodos previos}}{n}$$

Ecuación 1 Promedio móvil

Al presentarse una tendencia o un patrón se utilizan ponderaciones para enfatizar a los valores obtenidos.

La manera de expresarlo matemáticamente es como en la ecuación 2:

$$\text{Promedio ponderado móvil} = \frac{\sum (\text{Ponderación para el período } n)(\text{Demanda en el período } n)}{\sum \text{Ponderaciones}}$$

Ecuación 2 Promedio ponderado móvil

- **Suavizamiento exponencial**

Es una técnica de promedios móviles ponderados, donde los datos se ponderan por medio de una función exponencial (Render & Heizer, 2017).

Su representación matemática está representada en la ecuación 3:

$$\text{Nuevo pronóstico} = \text{Pronóstico del período anterior} + \alpha(\text{Demanda del mes anterior} - \text{Pronóstico del mes anterior})$$

Ecuación 3 Suavización Exponencial

- **Proyección de la tendencia**

Pronóstico de series de tiempo que ajusta una recta de tendencia a una serie de datos históricos para luego proyectarla al futuro así obteniendo el pronóstico deseado (Render & Heizer, 2017).

Para este método se usan la ecuación 4:

$$\hat{y} = a + bx$$

Ecuación 4 Tendencia

donde:

a = intersección con el eje y

b = pendiente de la recta de regresión

x = variable independiente

Para encontrar los valores a y b se utiliza la ecuación 5:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \qquad b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Ecuación 5 Encontrar valores a y b

donde:

b = pendiente de la recta de regresión

x = valores conocidos de la variable independiente

y = valores conocidos de la variable independiente

\bar{x} = valores promedio de x

\bar{y} = valores promedio de y

n = número de puntos de datos u observaciones

Modelo asociativo

- **Regresión lineal**

Es un modelo de pronóstico el cual permite construir un modelo con varias variables independientes, en vez de una sola variable (Render & Heizer, 2017).

En la ecuación 6 se muestra su representación matemática:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Ecuación 6 Regresión Lineal

2.6.5 Error del Pronóstico

Por el criterio (Chase & Jacobs, 2014) el error de pronóstico es la diferencia entre el valor del pronóstico y lo que ocurrió en realidad.

La ecuación 7 matemática es la siguiente:

$$e_t = x_t - \hat{x}_t$$

Ecuación 7 Error del Pronóstico

donde:

e_t = error del pronóstico

x_t = valor real u observación de la demanda en el período

\hat{x}_t = pronostico de la demanda, calculado anteriormente

2.6.6 Medición de error

Las siguientes técnicas ayudan a medir el grado de error, estas son:

La Desviación absoluta media (MAD) promedio de los errores absolutos, sobre un número determinado de periodos (Vidal Holguín, 2010).

Este se calcula por medio de la ecuación 8:

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n}$$

Ecuación 8 MAD

El Error Cuadrático Medio (MSE) promedio de errores cuadráticos sobre un número de periodos (Vidal Holguín, 2010).

La ecuación 9 se muestra cómo calcularlo:

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

Ecuación 9 MSE

Desviación absoluta Porcentual Media (MAPE) indica cuán grandes son los errores de pronóstico en comparación con los valores reales de la serie (Hanke & Wicher, 2010).

En la ecuación 10 se detalla su representación matemática:

$$\text{MAPE} = \frac{100 \times \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right|}{n}$$

Ecuación 10 MAPE

Para (Hanke & Wicher, 2010) las anteriores técnicas sirven para:

- Confrontar la precisión de dos o más técnicas
- Medir la confiabilidad de una técnica en específico.
- Buscar una técnica óptica

2.7 TEORÍA DE INVENTARIOS

2.7.1 Modelos matemáticos de inventarios

Los modelos matemáticos se dividen en dos categorías en modelos determinísticos y modelos estocásticos o aleatorios esto depende de su demanda. Esto se puede observar en la Figura 8 en donde se detalla las características de cada uno:

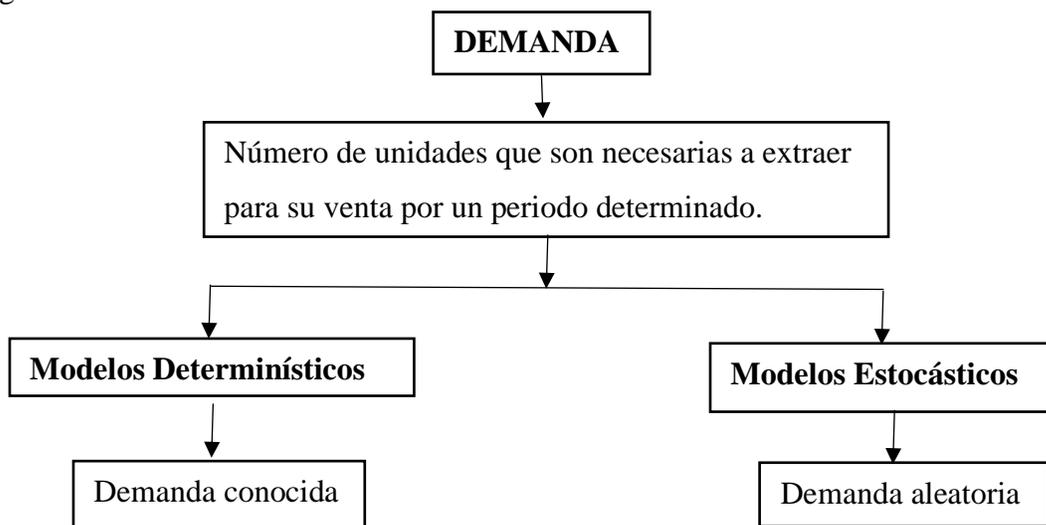


Figura 8 Modelos según su demanda

Fuente: (Hillier & Lieberman, 2015)

2.7.2 Componentes de los Modelos de Inventarios

De acuerdo con (Hillier & Lieberman, 2015) los modelos matemáticos están compuestos de los siguientes componentes:

1. **El costo de ordenar.** – Estos son todos los costos que se toman en cuenta, para la preparación de la orden de compra o producción.

2. **Costo de mantener inventario.** – representan los costos de almacenar el inventario, hasta su venta.
3. **Costo por faltante.** – surge cuando la demanda del producto es mayor que el inventario disponible.
4. **Costos de recuperación.** – valor de un artículo sobrante cuando no se requiere más del inventario.
5. **Tasa de descuento.** – toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

2.7.3 Modelos Determinísticos

- **Modelo de Lote económico**

Este modelo determina con qué frecuencia y en qué cantidad se debe reabastecer el inventario, con esto se minimizan los costos por unidad de tiempo (Hillier & Lieberman, 2015).

En la aplicación de este modelo se tienen los siguientes supuestos:

1. Se conoce la tasa de demanda d unidades por unidad de tiempo
2. La cantidad para ordenar (Q) para reabastecer el inventario llega una sola vez, cuando el inventario llega a 0.
3. No se permiten faltantes (Hillier & Lieberman, 2015).

La Figura 9 se representa el diagrama de nivel de inventario EOQ

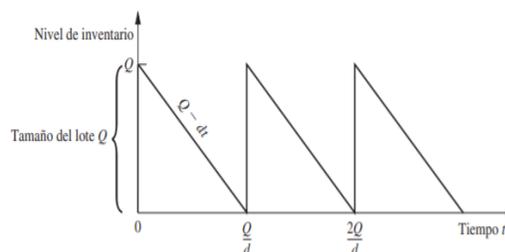


Figura 9 Diagrama del nivel de inventario EOQ

Fuente: (Hillier & Lieberman, 2015)

- **Modelo EOQ con faltantes planeados**

Este modelo es una variante del modelo clásico EOQ, en este se permiten faltantes, que son atendidos cuando llega la cantidad ordenada.

De los supuestos para tener en cuenta son los mismos que el anterior modelo, solo que en este si se permiten faltantes (Hillier & Lieberman, 2015).

La Figura 10 describe el gráfico del modelo EOQ con faltantes.

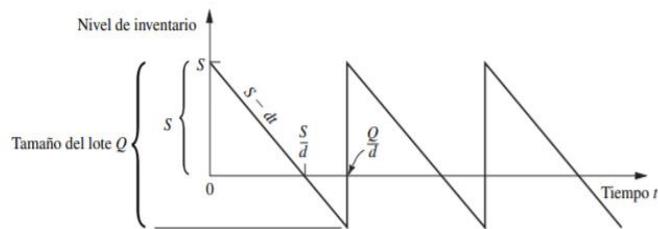


Figura 10 Diagrama del nivel de inventario EOQ con faltantes

Fuente: (Hillier & Lieberman, 2015)

- **Modelo EOQ con descuentos por cantidad**

Las anteriores variantes del modelo EOQ suponen que el costo por unidad es el mismo, sin importar la cantidad del lote. Este modelo sustituye el supuesto por:

El costo unitario de artículo depende del tamaño del lote esto se observa en la Figura 11. Se proporciona un incentivo por colocar ordenes grandes en vez de ordenes más pequeñas, ya que el costo unitario es más pequeño en lotes más grandes (Hillier & Lieberman, 2015).

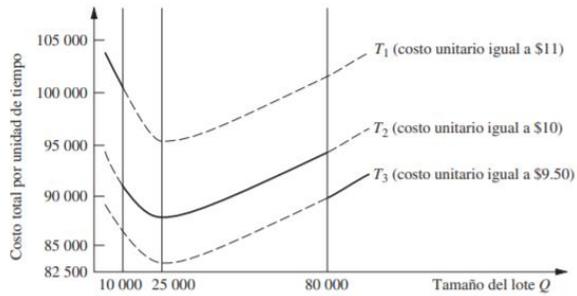


Figura 11 Costo total por unidad de tiempo

Fuente: (Hillier & Lieberman, 2015)

- **Modelo de tamaño del lote de producción económica (EPQ)**

En este modelo existe una tasa de reposición o de producción p , esta tasa representa la producción del ítem o a la forma como el proveedor despacha sucesivamente el producto. El supuesto que no se toma en cuenta aquí, es que la reposición no se presenta instantáneamente (Vidal Holguín, 2010).

En la Figura 12 se muestra la gráfica de este modelo:

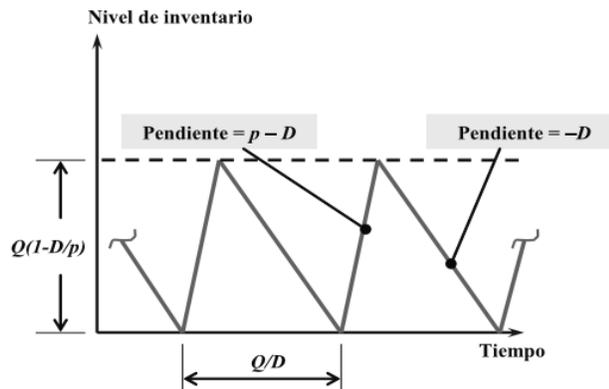


Figura 12 Nivel de inventario EPQ

Fuente: (Vidal Holguín, 2010)

2.7.4 Modelos Determinísticos de demanda conocida variable

En estos modelos se permite que la demanda varíe con el tiempo, a pesar de seguir siendo determinística. Los modelos que se aplican en esta situación, bajo el criterio de (Vidal Holguín, 2010), son los siguientes:

- **Cantidad Óptima de pedido (EOQ)**

Se lo realiza a todos los pedidos, en base a la demanda promedio durante el horizonte de planeación. Este método es útil cuando el patrón de la demanda no es muy variable a través del tiempo (Vidal Holguín, 2010).

- **Algoritmo de Wagner Whitin (WW)**

Este algoritmo de programación dinámica que se indica en la ecuación 11 fue diseñado por Wagner y Whitin en el año de 1958 y tiene como objetivo encontrar la solución óptima, en base de que el inventario al final del horizonte sea preespecificado (Vidal Holguín, 2010). Produce una solución de costo mínimo que lleva a una cantidad óptima por ordenar. La optimización está basada en una programación dinámica y evalúa todas las maneras posibles de ordenar para cubrir la demanda en cada periodo del horizonte de planeación (Sipper & Bulfin, 1998).

$$K_{t,l} = A + H \left(\sum_{j=t+1}^l (j - t) D_j \right) \quad j \geq 1$$

$$t = 1, 2, \dots, n; \quad l = t + 1, t + 2, \dots, n$$

$$K_j = \min_{t=1, 2, \dots, j} (K_{t-1} + K_{t,l})$$

$$l = 1, 2, \dots, N$$

Ecuación 11 Algoritmo Wagner Whiting

donde:

A: costo de la orden de compra o de preparación para la producción.

H: costo de mantenimiento del inventario por período

D_j = Demanda para el período j

K_j = costo mínimo del período 1 al l con inventario cero al final del período

K_0 = se define como cero, la solución de costo mínimo está dado por K_N

- **Método heurístico de Silver-Meal (SM)**

Este método fue creado en el año 1973 por Silver y Meal, funciona muy bien cuando la demanda es muy variable. El objetivo del método es minimizar los costos de ordenamiento y mantenimiento del inventario por unidad de tiempo (Vidal Holguín, 2010).

El método asume que el primer periodo emite una orden que irá cubriendo uno a uno los siguientes periodos, con esto calculamos el costo total de cubrir la demanda en un periodo dado con un pedido emitido en el primer periodo, así también se conoce el costo total por unidad de tiempo, ya que se divide el costo total por el periodo en el que se desea conocer (Salazar, 2020). Esto se explica en la ecuación 12:

$$CT_1 = S$$

$$CT_2 = (S + (D_2 * H * (T_2 - 1)))$$

$$CT_3 = CT_2 + (D_3 * H * (T_3 - 1))$$

$$CT_4 = CT_3 + (D_4 * H * (T_4 - 1))$$

$$CTUT_i = \frac{CT_i}{T_i}$$

Ecuación 12 Algoritmo de Wagner Whiting

Donde:

CT_1 = Costo total del período 1

CT_2 = Costo total del período 2 (Costo de ordenar en el 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 periodo 3 + Costo de mantener la demanda del periodo 4 durante 3 ($T-1= 3$) períodos en inventario)

$CTUT_i$ = Costo total por unidad de tiempo

T_i = Período i, ejemplo, $T_2= 2$

S = Costo de ordenar

D_i = Demanda en el período i

H = Costo de mantener en el inventario

2.7.5 Modelos Aleatorios

Estos modelos se clasifican en 2 tipos:

2.7.5.1 Sistema de Revisión Continua

Se revisa el nivel de inventario en todo momento, en este sistema es difícil coordinar las actividades y el control de varios ítems, pero se necesita un inventario de seguridad menor que el sistema periódico, ya que la protección debe hacerse sobre el tiempo de reposición (Vidal Holguín, 2010).

2.7.5.2 Sistema de Revisión Periódica

El nivel de inventario se revisa cada R unidades de tiempo, este sistema permite coordinar las actividades y el control de ítems en forma simultánea, pero en este se requiere un inventario mayor, ya que la protección debe garantizar un intervalo de tiempo igual al tiempo de reposición más el intervalo de revisión (Vidal Holguín, 2010).

En la Tabla 2 podemos observar las principales diferencias entre estos dos modelos:

Tabla 2 Comparaciones entre los dos modelos

Revisión Continua	Revisión Periódica
- Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.	- Permite coordinar varios ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas.
- La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	- Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
- La revisión es más costosa que el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.	- La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que, en general, es menos frecuente.
- Para ítems de bajo movimiento el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	- Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto. Pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
- Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica (protección sobre L).	- Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (protección sobre R+L).

Fuente: (Vidal Holguín, 2010)

Elaborado por: Denisse Portilla

2.8 Modelos de Inventarios para varios ítems

2.8.1 Modelos Multiproductos

Generalmente el proveedor suministra variedad de artículos y es más económico al realizar ordenes conjuntas.

Cuando se realiza una orden conjunta esta generalmente se la realiza al mismo proveedor. La cantidad de cada artículo depende del tiempo de intervalo entre órdenes para todo el grupo. Con este modelo se determina el intervalo para ordenar y el nivel máximo de inventario (Dulcey, 2020).

Es importante reconocer que muchos sistemas de inventarios deben manejar muchos productos de manera simultánea, en ocasiones incluso cientos o miles de productos. Todavía más, el inventario de cada uno puede estar disperso geográficamente (Dulcey, 2020).

Con productos múltiples, es común que sea posible aplicar el modelo adecuado de un producto por separado a cada producto. No obstante, las compañías tal vez no se molesten en hacer esto para los productos menos importantes debido a los costos de supervisión de los niveles de inventarios (Castañeda, Soto , Pérez , & Gamez).

2.8.2 Coordinación de Inventarios

El abastecimiento coordinado hace referencia a la llegada de múltiples artículos en un punto de almacenamiento. Esto conlleva a una gestión de inventarios multiproductos que permite minimizar todos los costos relacionados al mismo.

Tiene como objetivo llegar a los tamaños de lote y políticas de ordenar que minimicen el costo total (Coronado, 2020).

Las ventajas y desventajas se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3 Ventajas y desventajas de la coordinación de inventarios

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Ahorros en costo por unidad - Ahorros en los costos de transporte - Ahorros en los costos por ordenar más el incremento por nuevos productos - Facilidad de programar de manera más fácil a un proveedor 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible aumento en los niveles de inventario - Reducción de la flexibilidad - Aumento en el costo de control de inventario

Fuente: (Coronado, 2020)

Elaborado por: Denisse Portilla

2.8.3 Formulación de los Modelos Multiproductos

Si se maneja más de un producto, el modelo básico de inventarios tiene que modificarse para optimizar el costo total de operación.

En el siguiente ejemplo se supone que se tiene dos productos para los que se cumple con las hipótesis del modelo básico de inventarios (Millan, 2020).

La ecuación 13 y 14 nos muestran los costos totales de los dos productos:

$$CT_1 = b_1 * D_1 + \frac{1}{2} * c_{11} * Q_{i1} * T + K_1 * \frac{D_1}{Q_{i1}}$$

Ecuación 13 Costo Total 1

$$CT_2 = b_2 * D_2 + \frac{1}{2} * c_{12} * Q_{i2} * T + K_2 * \frac{D_2}{Q_{i2}}$$

Ecuación 14 Costo Total 2

La suma de CT_1 y CT_2 será el Costo Total, esto se muestra en la ecuación 15:

$$CT = CT_1 + CT_2 = b_1 * D_1 + \frac{1}{2} * c_{11} * Q_{i1} * T + K_1 * \frac{D_1}{Q_{i1}} + b_2 * D_2 + \frac{1}{2} * c_{12} * Q_{i2} * T + K_2 * \frac{D_2}{Q_{i2}}$$

Ecuación 15 Costo Total

En la Figura 13 se puede observar el análisis del Modelo Multiproducto, con las cantidades a pedir de los dos productos y su Costo Total.

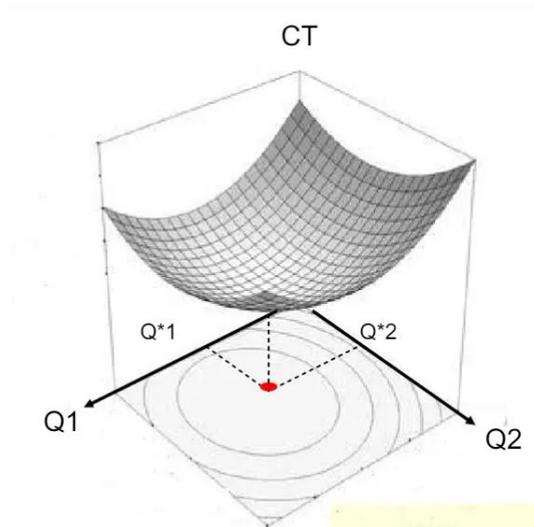


Figura 13 Análisis del Modelo Multiproducto

Fuente: (Millan, 2020)

2.8.4 Restricciones en los Modelos Multiproductos

Para formular las restricciones en un Modelo Multiproducto depende de los recursos económicos, ordenes o de un determinado espacio para colocar los productos.

En la Tabla 4 se puede observar las restricciones que se pueden encontrar:

Tabla 4 Restricciones de los Modelos Multiproductos

Restricciones	Formulación
Limitación del espacio disponible para almacenaje	$V_1 * Q_1 + V_2 * Q_2 < V$
Limitación del capital promedio inmovilizado	$(1/2) * b_1 * Q_1 + (1/2) * b_2 * Q_2 < B$
Costo del capital inmovilizado	$(1/2) * i * b_1 * Q_1 + (1/2) * i * b_2 * Q_2 < S$
Limitación en la cantidad de órdenes a emitir en un periodo	$D_1 / Q_1 + D_2 / Q_2 < TO$

Fuente: (Millan, 2020)

Elaborado por: Denisse Portilla

2.9 GAMS

Es un programa que nos permite definir, analizar y resolver problemas de optimización.

2.9.1 Modelos de Optimización

Son aquellos donde existen un conjunto de variables de decisión que deben maximizar/minimizar una función objetivo sometidas a un conjunto de restricciones (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín, & Linares, 2010).

Los problemas de optimización bajo el criterio de (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín, & Linares, 2010), se componen de los siguientes componentes:

- **Función Objetivo**

Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar).

Ej. La maximización de los beneficios netos de venta de ciertos productos.

- **Variables**

Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo.

Ej. La cantidad de producto fabricado y vendido.

- **Restricciones**

Representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer.

Ej. La capacidad de producción de la fábrica para los diferentes productos.

- **Métodos de Optimización**

Estos métodos se pueden clasificar en métodos clásicos los cuales buscan y garantizan un óptimo local. Los métodos metaheurísticos son los que mediante mecanismos alcanzan un óptimo global pero no garantizan su alcance.

En la Tabla 5 se detalla las expresiones matemáticas de algunos tipos de problemas de optimización en los métodos clásicos.

Tabla 5 Expresiones matemáticas, problemas de optimización

Programación lineal (<i>linear programming</i>) LP	$\min_x c^T x$ $Ax=b$ $x \geq 0$ $x \in \mathbb{R}^n, c \in \mathbb{R}^n, A \in \mathbb{R}^{m \times n}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación lineal entera mixta (<i>mixed integer programming</i>) MIP	$\min_x c^T x + d^T y$ $Ax + By = b$ $x, y \geq 0$ $x \in \mathbb{Z}^n, y \in \mathbb{R}^l, c \in \mathbb{R}^n, d \in \mathbb{R}^l$ $A \in \mathbb{R}^{m \times n}, B \in \mathbb{R}^{m \times l}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación cuadrática (<i>quadratic programming</i>) QP	$\min_x c^T x + \frac{1}{2} X^T Q x$ $Ax=b$ $x \geq 0$ $x \in \mathbb{R}^n, c \in \mathbb{R}^n, A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ $Q \in \mathbb{R}^{n \times n}, b \in \mathbb{R}^m$
Programación no lineal (<i>non linear programming</i>) NLP	$\min_x \int x$ $g(x)=0$ $h(x) \leq 0$ $l \leq x \leq u$ $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ $g, h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$

Fuente: (Millan, 2020)

Elaborado por: Denisse Portilla

3 DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

3.1 Antecedentes

CASATEX es una microempresa imbabureña, que se encuentra en la ciudad de Otavalo. Esta cuenta con 25 años de trayectoria en el mercado. Su principal actividad es la venta de hilos y fibras (100% acrílicas), a pequeños y medianos productores textiles de la provincia.

Sus inicios empiezan en un puesto ubicado en una de las calles cercanas a la Plaza Centenario, donde se vendía al menudeo; los conos. Con el paso del tiempo ganaron reconocimiento y se pensó en adquirir una propiedad en el año 2005, ubicación actual en donde la empresa desarrolla sus actividades. En los últimos años la distribuidora ha ido creciendo, por lo que ha llegado a superar los tres millones de dólares en lo que respecta a ingresos anuales.

3.2 Misión

Somos una empresa textil con línea de negocio especializada en la distribución de fibras textiles (lana) al por menor y al por mayor. Ofrecemos nuestros productos a nivel nacional. Trabajamos para satisfacer los estándares de calidad de nuestros clientes, basados en la confianza. Contamos con un equipo humano especializado, capacitado y comprometido netamente con la empresa y sus clientes.

3.3 Visión

Convertirse en el año 2025 en una empresa textil innovadora, con productos textiles de calidad y amplia variedad, cuya flexibilidad le permita atender y ampliar su mercado a un segmento alto, con diseños y colecciones. Todo ello respaldado en una cultura de excelencia operativa, prontitud de respuesta, así como un alto nivel de atención a nuestros clientes; por

medio de personal capacitado y motivado que nos permita tener un crecimiento con rentabilidad sostenida.

3.4 Valores Institucionales

CASATEX, se basa en los siguientes principios, los cuales, le permiten estructurar y mejorar cada una de sus actividades:

Honestidad. - Los empleados de CASATEX en cada una de sus actividades mostraran actitudes de rectitud y justicia, lo que permita laborar de manera íntegra sin buscar el perjuicio de la empresa y demás.

Respeto. - La empresa cuenta con un ambiente de respeto mutuo considerando el derecho ajeno, proponiendo una base fundamental para la convivencia sana y pacífica de los miembros del equipo, así como con los clientes.

Responsabilidad. - Todo el talento humano de CASATEX asume el compromiso de manejar en forma correcta las obligaciones y deberes que se le han sido asignados al momento de ingresar a la empresa.

Puntualidad. - El personal de la empresa están comprometidos a tener bajo control cronológico de sus actividades, con el fin de desempeñar sus funciones de forma oportuna sin afectar a la empresa en la satisfacción de sus clientes.

Solidaridad. - CASATEX brinda un ambiente de fraternidad para mantener una mentalidad de colaboración entre los miembros del personal.

Comunicación. - Entre los miembros de CASATEX deberá existir un adecuado diálogo entre todos los que conforman la entidad con el propósito de establecer relaciones estrechas que ayuden al desarrollo y consecución de los objetivos de la empresa.

3.5 Ubicación de la empresa

La empresa se encuentra en la ciudad de Otavalo, su dirección exacta es entre las calles: Pasaje Saona y Modesto Jaramillo como se indica en la Figura 14.

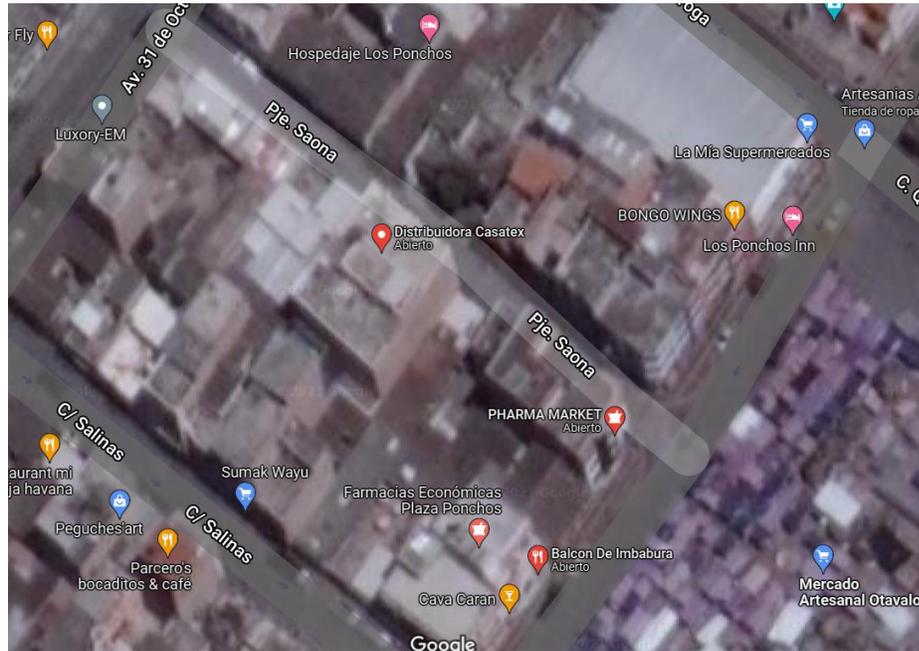


Figura 14 Ubicación de la empresa “CASATEX”

Fuente: Google Maps

3.6 Organigrama de la empresa

CASATEX cuenta a su servicio con 6 trabajadores. De las seis personas: 3 son bodegueros los cuales también hacen de vendedores, un contador, una facturadora y un chofer. A continuación, en la Figura 15 se detalla el organigrama estructural de la organización de estudio:

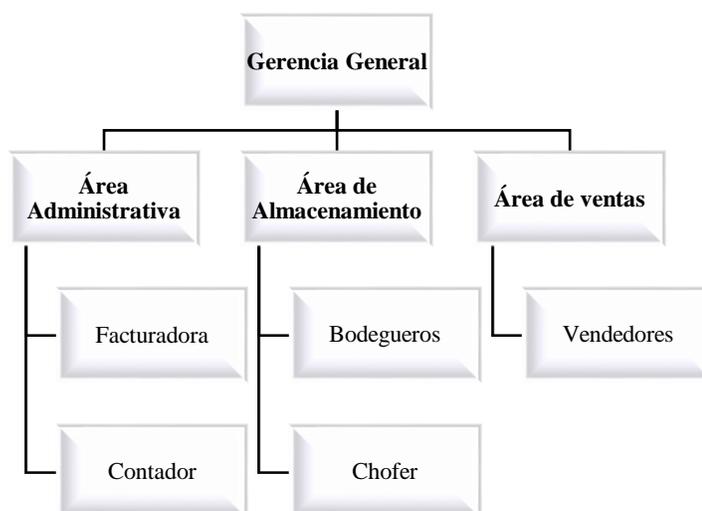


Figura 15 Organigrama estructural de la empresa

Elaborado por: Denisse Portilla

3.7 Proveedores y Clientes

La mayoría de los clientes de CASATEX se encuentran en la provincia de Imbabura, un menor porcentaje son de otras provincias del país.

Entre sus principales clientes tenemos a:

- Pequeños artesanos
- Empresas textiles

Los principales proveedores de CASATEX se encuentran en la ciudad de Quito, por lo que la entrega del producto se lo hace en un plazo mínimo de 24 horas. En ciertas ocasiones el lead time es de 8 días, esto sucede cuando el hilo que se pidió al proveedor no lo tiene en stock y tienen que elaborarlo, solo en esta situación el producto se tarda días en ser entregado.

La Tabla 6 especifica los productos más importantes con su respectivo proveedor.

Tabla 6 Detalle de los productos con su respectivo proveedor

EMPRESA	UBICACIÓN	PRODUCTO
LANAFIT	Quito	- Normal 2/40 - Zafiro - Polyester
TEXTILANA	Quito	- Normal 2/40
INTERFIBRA	Quito	- Normal - Amelia - Nepal - Caribe - Dubái
RIBEL	Quito	- Elástico - Licra
HILACRIL	Quito	- Escoces - Sueco - Normal

Fuente: CASATEX

Elaborado por: Denisse Portilla

3.8 Flujograma del Proceso de Abastecimiento

La Figura 16 explica el paso a paso del proceso actual de abastecimiento de la empresa. Desde que se revisa el almacén para constatar si existe producto, hasta la descarga de los productos en las bodegas de la empresa.

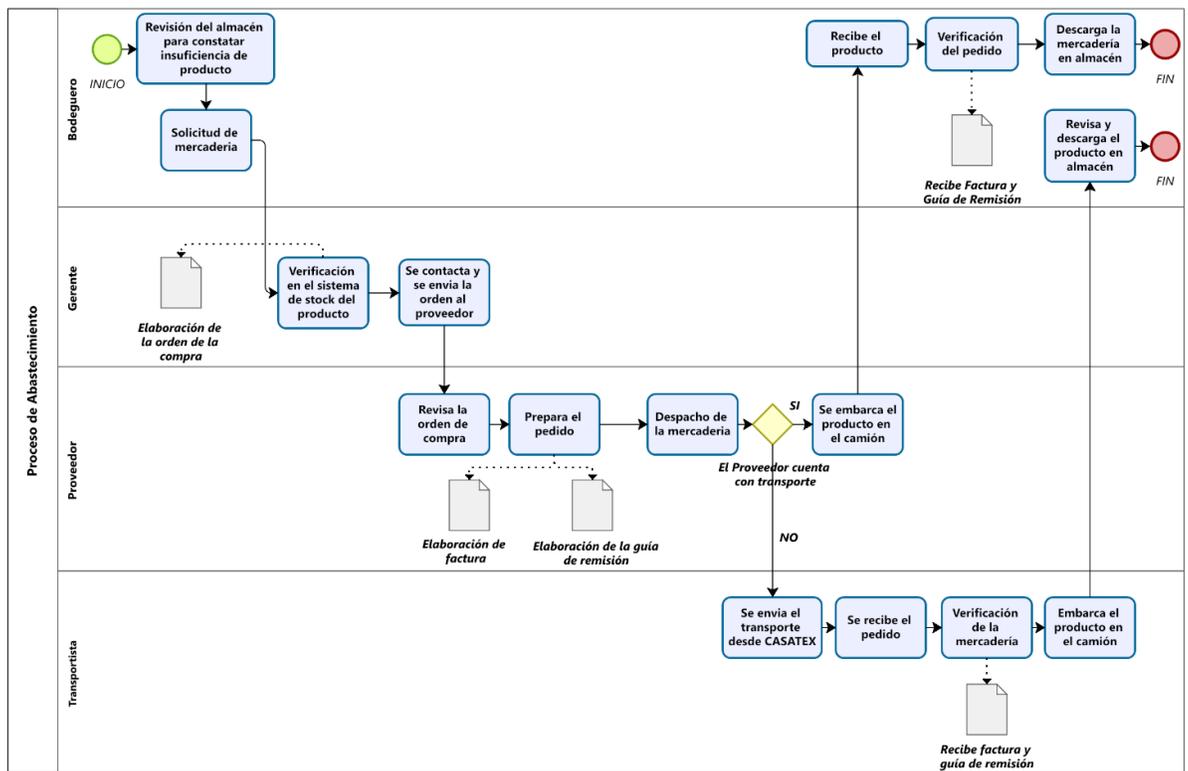


Figura 16 Flujograma de Abastecimiento

Elaborado por: Denise Portilla

3.9 Análisis del Inventario

3.9.1 Identificación del Problema

Para la identificación del problema en el inventario se realizaron varias visitas a la empresa, las cuales nos permitieron conocer cómo se manejaba el inventario. Además, se realizó un cuestionario al Ing. Wilson Maya contador de la empresa sobre cómo se realiza el control de los inventarios, este se lo puede observar en el Anexo 1.

La Figura 17 presenta un diagrama de Ishikawa en donde se plantea el problema encontrado y se especifican las causas en cada área.

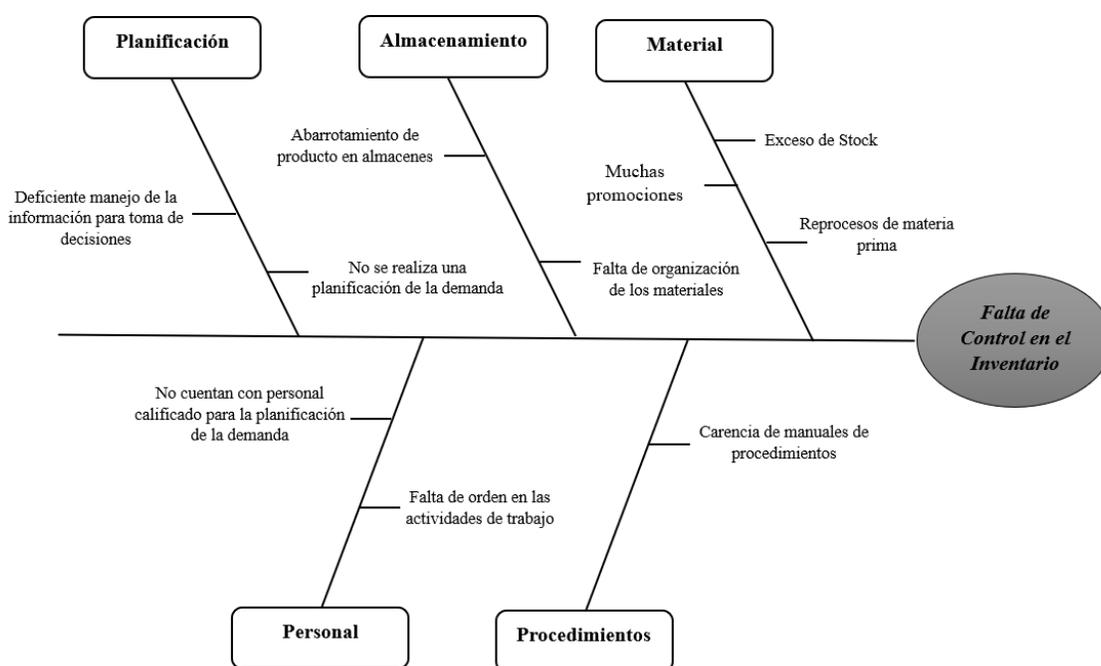


Figura 17 Diagrama de Ishikawa

Elaborado por: Denisse Portilla

3.9.2 Análisis de las causas del problema

- **Planificación**

Para la planificación la empresa no cuenta con personal capacitado para la planificación de la demanda. La realización de los pedidos se lo realiza mediante el conocimiento del encargado de la bodega, quien emite la cantidad y el color que se necesita.

La empresa no utiliza métodos de control de Inventario como la clasificación ABC, para saber cuáles son sus productos estrella o la realización de un pronóstico el cual les permita conocer información de cómo han ido sus ventas en años anteriores. A pesar de que la empresa cuenta con un software y se tiene información histórica de sus ventas esta no se toma en cuenta, y es información muy importante que si sirviera para tomar mejores decisiones para el abastecimiento del producto.

- **Materiales**

La empresa utiliza un sistema contable, el cual lo mantiene actualizado en ventas y en lo que respecta al nivel de existencias de los productos. Pero la empresa no cuenta con un sistema el cual le informe de las cantidades a pedir de sus principales productos, por lo que a veces se compra mucho de lo que no vende, lo que conlleva a que la empresa venda esta mercadería a un precio menor y se obtengan perdidas. También existe producto que se lo manda a re tinturar de colores que, si se venden, pero esto significa un gasto extra para la empresa ya que son más los gastos que la ganancia que se obtiene.

- **Almacén**

Cuando la mercadería pasa al almacén esta se la ubica por proveedor y por producto, además se la ubica dependiendo del movimiento que tenga el producto. El problema es que el almacén no es muy espacioso y a veces no alcanza para la gran cantidad de producto que

se guarda en el almacén, por lo que se opta ubicarlo en lugares no adecuados como son las gradas, corredores o baños de las instalaciones de la empresa.

También existen productos que no se venden y pasan meses quedados en bodega y es producto que quita espacio a productos que si son relevantes en lo que respecta a ventas.

- **Personal y Procedimientos**

En la empresa cada trabajador tiene sus actividades y responsabilidades bien definidas, pero cuando no se dan abasto todos apoyan, lo que a veces causa que por falta de organización se cometan errores y existan inexactitudes ya que no coinciden las cantidades que se obtiene en el sistema con lo del almacén, pero solo en la cuenta varios. En lo que respecta a la organización de las actividades a veces estas quedan a medias y se debería tratar de terminar cada una de las tareas encomendadas.

No existe un manual de procedimientos, pero si existe un conocimiento de cómo deben realizarse cada una de sus actividades, ya que esto lo han ido consiguiendo a través de la experiencia adquirida durante los años.

3.9.3 Análisis del producto

CASATEX cuenta con un amplio inventario alrededor de 2000 colores de hilos. Por esta razón se los agrupo en familias de productos, cada familia cuenta con un mínimo de 100 hasta 250 colores diferentes.

Para este trabajo solo se tomó en cuenta la Familia 1, que es el producto que más se vende en el año 2021 esto se muestra en la Tabla 7. Esta familia cuenta de 211 hilos, únicamente a este conjunto de ítems se aplicará el Modelo Multiproducto.

Tabla 7 Ventas de las Familias de productos

FAMILIA	VENTAS (\$)
Familia 1	\$ 1.357.152,48
Familia 2	\$ 1.041.003,13
Familia 3	\$ 195.232,04
Familia 4	\$ 168.121,22
Familia 5	\$ 136.575,39
Familia 6	\$ 129.333,97
Familia 7	\$ 108.656,86
Familia 8	\$ 71.287,14
Familia 9	\$ 55.497,72
Familia 10	\$ 53.780,33
Familia 11	\$ 35.350,45
Familia 12	\$ 21.420,52
Familia 13	\$ 19.411,07
Familia 14	\$ 18.163,60
Familia 15	\$ 12.822,24
Familia 16	\$ 9.212,60
Familia 17	\$ 3.725,56
Familia 18	\$ 1.920,25
Familia 19	\$ 1.803,56
Familia 20	\$ 1.721,81
Familia 21	\$ 1.709,93
Familia 22	\$ 1.709,33
Familia 23	\$ 1.189,84
Familia 24	\$ 823,97

Familia 25 \$ 540,37

Fuente: Elaboración propia

Elaborado por: Denisse Portilla

3.9.3.1 Clasificación ABC

Para el análisis ABC de los productos, primero se realizó la recolección de los datos históricos de la demanda de la empresa desde el año 2019 hasta el año 2021. Estas cantidades se multiplican con el precio unitario del producto, así, obtuvo el valor de las ventas de esos años.

A continuación, se procede a ubicarlos de mayor a menor. Ya ordenados se calculan los valores acumulados, los cuales nos ayudan a clasificar a los artículos en A, B o C.

Los resultados conseguidos de la clasificación ABC con los 211 productos se los encuentra en el Anexo 3.

La Tabla 8 presenta los siguientes resultados:

Tabla 8 Tabla de resumen ABC

ANÁLISIS ABC - TABLA RESUMEN						
	Clasificación de los artículos	N°	Participación n	Ventas	Participación Ventas	% Acumulado
0 - 80%	A	50	24%	\$ 1.947.358	79,81%	79,81%
80% - 95%	B	68	32%	\$ 368.537	15,10%	94,91%
95% - 100%	C	93	44%	\$ 124.136	5,09%	100,00%
TOTAL		211		\$ 2.440.030		

Elaborado por: Denisse Portilla

La Tabla 8 muestra los 211 productos, de los cuales:

- Tipo A son los productos que equivalen al 80% de las ventas, es decir 1.947.358 dólares.
- Tipo B, los productos que equivalen al 15% de las ventas, 368.537 dólares.
- Y, los tipos C que equivalen al 5 % de las ventas es decir 453.142 dólares.

La Figura 18 es un diagrama de Pareto, que se adquiere a través de la elaboración de la clasificación ABC; en donde se detalla los porcentajes de la participación de ventas de los productos.

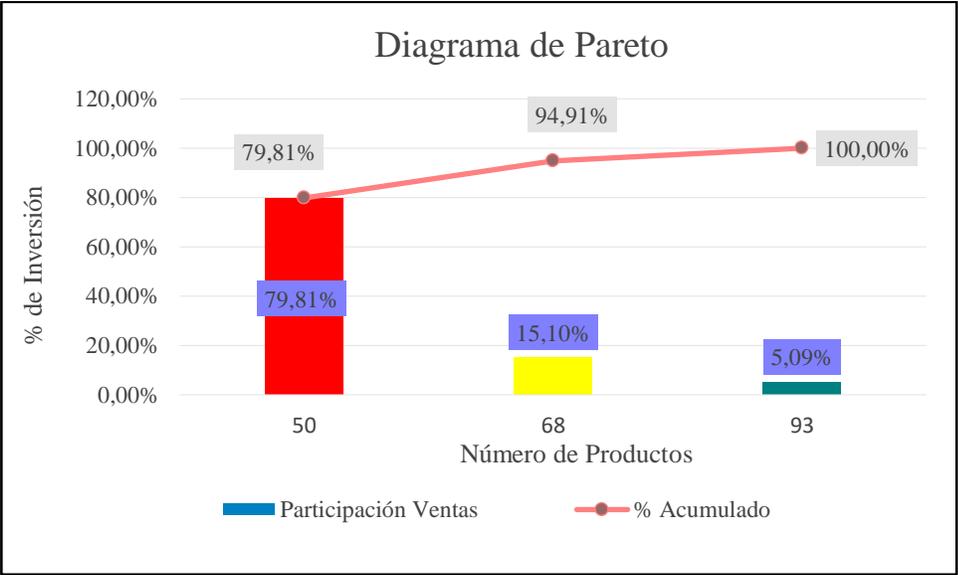


Figura 18 Diagrama de Pareto CASATEX

Elaborado por: Denisse Portilla

En este trabajo únicamente se tomará en cuenta los 50 artículos tipo A, ya que son los productos de mayor relevancia para la empresa.

4 CAPÍTULO IV: PROPUESTA

4.1 Manual de Recepción y Expedición de los Materiales

El Manual de Recepción y Expedición de los Materiales (Anexo. 4), se lo realizó porque la empresa no cuenta con un manual de ninguno de sus procedimientos. Se elaboró de los procedimientos de recepción y expedición para que tengan un mejor manejo de sus productos, y como su principal actividad es la comercialización de los conos, este manual se enfoca en la mejora de la gestión del almacén de la empresa.

4.2 Diseño del Modelo Multiproducto con programación Mixta

El modelo matemático facilitara la planificación de las compras en CASATEX, desde un punto más técnico. El modelo es Multiproducto (para varios ítems) y Multiperíodo (para un horizonte determinado de tiempo), se utilizará programación lineal mixta.

A continuación, se detalla paso a paso como se construyó el modelo matemático:

4.2.1 Observación de los datos

La base de datos con la que se trabajó consta de las cantidades demandadas de cada uno de los 50 hilos en los 36 meses, desde el año 2019 hasta el 2021(Anexo 2). Esta base de datos se introduce en el software R versión 4.2.0 en donde se realiza una prueba que permite analizar los datos antes de efectuar los pronósticos.

4.2.2 Estacionalización de los datos

Para estacionalizar los datos se utiliza el código del software R (Anexo 5), el cual permite conocer si la serie de tiempo es estacionaria o no. Es importante que la serie cumpla este requisito, porque al serlo la serie es más homogénea y no tiene muchas fluctuaciones.

Para saber si la serie es estacionaria, mediante el software se realiza la prueba de Dickey Fuller, con esta prueba si el resultado es menor a 0,05 la serie es estacionaria de lo contrario si es mayor la serie temporal no es estacionaria.

Aplicamos el test de Dickey Fuller a toda la base de datos, los resultados se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9 Valores de Estacionariedad

Hilo 0001	0,60	NO	Hilo 0026	0,54	NO
Hilo 0002	0,91	NO	Hilo 0027	0,64	NO
Hilo 0003	0,25	NO	Hilo 0028	0,58	NO
Hilo 0004	0,60	NO	Hilo 0029	0,05	NO
Hilo 0005	0,92	NO	Hilo 0030	0,46	NO
Hilo 0006	0,09	NO	Hilo 0031	0,71	NO
Hilo 0007	0,72	NO	Hilo 0032	0,46	NO
Hilo 0008	0,69	NO	Hilo 0033	0,65	NO
Hilo 0009	0,20	NO	Hilo 0034	0,90	NO
Hilo 0010	0,90	NO	Hilo 0035	0,54	NO
Hilo 0011	0,44	NO	Hilo 0036	0,69	NO
Hilo 0012	0,58	NO	Hilo 0037	0,33	NO
Hilo 0013	0,45	NO	Hilo 0038	0,82	NO
Hilo 0014	0,39	NO	Hilo 0039	0,88	NO
Hilo 0015	0,30	NO	Hilo 0040	0,77	NO
Hilo 0016	0,27	NO	Hilo 0041	0,07	NO
Hilo 0017	0,31	NO	Hilo 0042	0,61	NO
Hilo 0018	0,71	NO	Hilo 0043	0,34	NO
Hilo 0019	0,62	NO	Hilo 0044	0,38	NO
Hilo 0020	0,56	NO	Hilo 0045	0,15	NO
Hilo 0021	0,82	NO	Hilo 0046	0,67	NO
Hilo 0022	0,87	NO	Hilo 0047	0,56	NO
Hilo 0023	0,41	NO	Hilo 0048	0,57	NO

Hilo 0024	0,81	NO	Hilo 0049	0,46	NO
Hilo 0025	0,95	NO	Hilo 0050	0,47	NO
Producto	Resultado	Estacional o no	Producto	Resultado	Estacional o no

Elaborado por: Denisse Portilla

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 9 se va a considerar todas las series del tipo no estacional.

4.2.3 Ajuste de Datos

Para las 50 series temporales no estacionarias es necesario realizar ajustes. En algunas series se aplicó el diagrama de cajas y bigotes, este hallaba los valores atípicos que en la distribuidora podían darse porque sus ventas están en base a tendencias de moda y depende mucho de los colores que se estén vendiendo en esas temporadas.

Para las series en las que no se encontró uno de estos valores, se utilizó el método de diferenciación (Anexo 6), el cual ayudó ajustar la serie de datos para posteriormente poder obtener el pronóstico del hilo.

La Tabla 10 se puede observar los resultados ajustados.

Tabla 10 Valores de estacionariedad ya ajustados

Hilo 0001	0,04	SI	Hilo 0026	0,05	SI
Hilo 0002	0,01	SI	Hilo 0027	0,05	SI
Hilo 0003	0,02	SI	Hilo 0028	0,01	SI
Hilo 0004	0,01	SI	Hilo 0029	0,01	SI
Hilo 0005	0,01	SI	Hilo 0030	0,03	SI
Hilo 0006	0,05	SI	Hilo 0031	0,02	SI
Hilo 0007	0,01	SI	Hilo 0032	0,04	SI
Hilo 0008	0,01	SI	Hilo 0033	0,01	SI
Hilo 0009	0,01	SI	Hilo 0034	0,02	SI
Hilo 0010	0,04	SI	Hilo 0035	0,01	SI
Hilo 0011	0,02	SI	Hilo 0036	0,01	SI
Hilo 0012	0,05	SI	Hilo 0037	0,01	SI
Hilo 0013	0,01	SI	Hilo 0038	0,01	SI
Hilo 0014	0,01	SI	Hilo 0039	0,01	SI

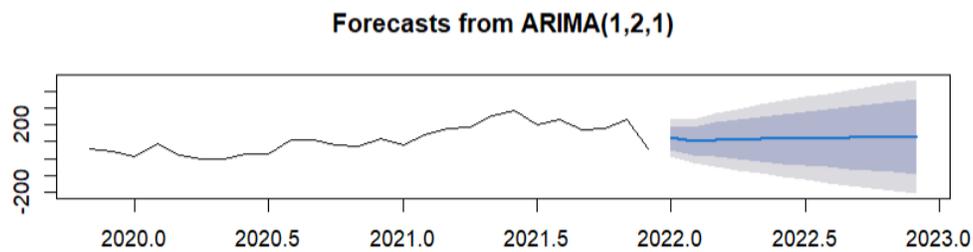
Hilo 0015	0,01	SI	Hilo 0040	0,04	SI
Hilo 0016	0,01	SI	Hilo 0041	0,01	SI
Hilo 0017	0,05	SI	Hilo 0042	0,05	SI
Hilo 0018	0,01	SI	Hilo 0043	0,02	SI
Hilo 0019	0,04	SI	Hilo 0044	0,01	SI
Hilo 0020	0,04	SI	Hilo 0045	0,02	SI
Hilo 0021	0,01	SI	Hilo 0046	0,01	SI
Hilo 0022	0,04	SI	Hilo 0047	0,01	SI
Hilo 0023	0,03	SI	Hilo 0048	0,02	SI
Hilo 0024	0,03	SI	Hilo 0049	0,01	SI
Hilo 0025	0,02	SI	Hilo 0050	0,05	SI
Producto	Resultado	Estacional	Producto	Resultado	Estacional
		o no			o no

Elaborado por: Denisse Portilla

4.2.4 Pronósticos

Con las series ya estacionadas, se puede realizar los pronósticos, cada serie consta de 36 datos desde enero del 2019 hasta diciembre del 2021. El pronóstico (*forecast*) se lo hará para un periodo de 12 meses que corresponden al año 2022.

El método usado para pronosticar es el método ARIMA en el software R, el cual se realiza mediante el código que se muestra en el Anexo 7.



Error measures:							
	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Training set	1.142136	51.92963	39.6642	NaN	Inf	0.3193226	-0.06991293
Forecasts:							
	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95		
Jan 2022	123.4516	52.782961	194.1203	15.37322	231.5301		
Feb 2022	103.6820	18.092947	189.2710	-27.21514	234.5790		
Mar 2022	113.4451	9.560730	217.3294	-45.43233	272.3225		
Apr 2022	112.7279	-6.078661	231.5344	-68.97105	294.4268		
May 2022	115.7298	-17.614605	249.0743	-88.20289	319.6626		
Jun 2022	117.4120	-29.599380	264.4233	-107.42249	342.2464		
Jul 2022	119.5625	-40.671705	279.7967	-125.49456	364.6195		
Aug 2022	121.5468	-51.498924	294.5925	-143.10378	386.1973		
Sep 2022	123.5901	-61.964679	309.1448	-160.19142	407.3715		
Oct 2022	125.6124	-72.198169	323.4230	-176.91276	428.1376		
Nov 2022	127.6422	-82.218195	337.5025	-193.31156	448.5959		
Dec 2022	129.6693	-92.067446	351.4061	-209.44779	468.7864		

Figura 19 Pronóstico de la demanda 2022 del Hilo0027

Elaborado por: Denisse Portilla

En la Figura 19 se puede observar los resultados con el modelo, además se utilizó un modelo ARIMA (1,2,1) esto significa que la serie tiene una autocorrelación, 2 diferencias y una media móvil. Esto indica que el software encontró el mejor modelo para la serie de datos, para obtener un buen pronóstico. En el (Anexo 8) se pueden encontrar los pronósticos del año 2022 para los 49 hilos restantes.

4.3 Coeficiente de Variabilidad

El coeficiente de variabilidad se determina para conocer el tipo de inventarios que se debe aplicar. Según (Vidal Holguín, 2010) es un modelo determinístico cuando el $CV \leq 0,2$ en donde se deben utilizar métodos EOQ; y es heurístico cuando el $CV \geq 0,2$ aquí se debe utilizar métodos exactos como modelos de programación lineal entera-mixta.

Para hallar el coeficiente de variación se tiene que calcular la demanda promedio y la desviación estándar de los datos pronosticados, en este caso del año 2022. En la Tabla 11 se detalla la información de los primeros hilos y el resultado del coeficiente.

Tabla 11 *Coefficiente de variabilidad de los primeros 7 productos*

Cod.	Demanda Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación	Modelo de Inventario
Hilo 0001	1646,3	540,46	0,33	Modelo Heurístico
Hilo 0002	896,66	267,79	0,3	Modelo Heurístico
Hilo 0003	482,59	71,38	0,15	Modelo Determinista
Hilo 0004	251,77	27,84	0,11	Modelo Determinista
Hilo 0005	575,17	245,25	0,43	Modelo Heurístico
Hilo 0006	292,14	80,14	0,27	Modelo Heurístico
Hilo 0007	55,39	13,98	0,25	Modelo Heurístico

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos se concluye que en la mayoría el coeficiente es mayor a 0,2 por lo tanto se utilizará un modelo Heurístico. En este trabajo de estudio se desarrollará un Modelo matemático que en estructura tiene bases en el modelo de Wagner Whitin solo que será Multiproducto y con programación mixta.

4.4 Cálculo de los costos relacionados al inventario

Se empezará con el cálculo del costo de mantener; para el costo de pedido y de transporte CASATEX fue la fuente de información de estos datos.

4.4.1 Costo de mantener inventario

El costo de mantener inventario es el costo de mantener determinada cantidad de productos, en una cierta cantidad de tiempo en los almacenes de cualquier empresa. Para poder calcularlo se utiliza la ecuación 13:

$$CA = \frac{Q}{2} \times T \times P \times I$$

Ecuación 16 Costo de mantener

Donde:

Q = Cantidad de material en existencia en el período considerado

T = Tiempo de almacenamiento

P = Precio unitario del artículo

I = Tasa de almacenamiento expresada en porcentaje del precio unitario

Primero se calcula la tasa o rata de almacenamiento con los datos que se tiene en la Tabla 12:

Tabla 12 Cálculo de la tasa de almacenamiento

Categoría	Costo expresado en porcentaje del valor del inventario
Costo de edificio (renta o depreciación del edificio, costos de operación, impuestos, seguros)	4%
Costo por manejo de materiales (renta o depreciación del equipo, energía, costo de operación)	6%
Costo por mano de obra (recepción, almacenamiento, seguridad)	5%
Costo de Inversión (costos de préstamos, impuestos y seguros de inventario)	7%
Robo, daño y Obsolescencia	3%
Costos Totales por manejo	25%

Fuente: (Torres García, 2020)

Elaborado por: Denisse Portilla

Para calcular el costo de almacenamiento se utiliza la ecuación 12 en donde se reemplaza cada uno de los valores con la información brindada por la empresa, se realiza los cálculos respectivos como se indica en la Tabla 13 y se consigue el costo de mantener

inventario, pero para un mes. Para obtener el valor unitario se lo divide para la cantidad existente de materiales que pasaron guardados en determinado periodo de tiempo que en este caso es un mes.

Tabla 13 Cálculo del costo de mantener inventario

Hilo 0002	Cantidad existente	Q/2	Tiempo de almacenamiento	Precio del producto	Tasa de almacenamiento	Costo de mantener	Costo de mantener (\$/mensual)
Enero	608,48	304,24	1	6,90	0,25	524,647518	0,86
Febrero	645,9	322,95	1	6,89	0,25	556,483789	0,86
Marzo	1258,04	629,02	1	6,90	0,25	1084,88037	0,86
Abril	751,58	375,79	1	7,24	0,25	680,20432	0,91
Mayo	594,78	297,39	1	7,26	0,25	539,872872	0,91
Junio	646,7	323,35	1	7,27	0,25	587,465835	0,91
Julio	474,62	237,31	1	7,25	0,25	430,07034	0,91
Agosto	627,1	313,55	1	7,25	0,25	568,22916	0,91
Septiembre	1370,1	685,05	1	7,25	0,25	1242,39029	0,91
Octubre	1350,58	675,29	1	7,46	0,25	1259,7727	0,93
Noviembre	1227,06	613,53	1	7,52	0,25	1153,18659	0,94
Diciembre	439,98	219,99	1	7,51	0,25	413,241158	0,94

Fuente: (Sánchez Sánchez, 2015)

Elaborado por: Denisse Portilla

4.4.2 Costo de transporte y de pedido

CASATEX tiene la mayoría de sus proveedores en la ciudad de Quito, la empresa cuenta con su propio flete, el cual realiza la recepción del producto desde el proveedor hasta entregar el producto en los almacenes de CASATEX, por lo tanto, esto representa un costo de transporte de 0,15 \$.

El costo de pedido o alistamiento son todas las actividades que se realizan para la ejecución del pedido este valor es de 6,67 \$.

4.5 Modelo Multiproducto

En el planteamiento del modelo se investigó diferentes fuentes que sirvieron de referencia para realizar este modelo. Para la formulación sirvió de base el modelo de Wagner Whitin de un solo ítem de (Torres García, 2020); y para la construcción del código (Sandoya, 2021) el cual se adaptó a las necesidades de la empresa.

Conjuntos

I número de productos

J Longitud del horizonte, meses

Índices

i índice de productos, $i = \text{productos}, (0,1,2, 3, \dots, I)$

j índice de meses, $j = \text{meses}, (0,1,2, 3, \dots, J)$

Parámetros

$c_{(i,t)}$ = costo de compra del producto i en el mes j

$d_{(i,t)}$ = demanda del producto i en el mes t

CO_i = costo de ordenar o de alistamiento del producto

$h_{(i,j)}$ = costo de mantener inventario del producto i en el mes j

I_0 = Inventario inicial del producto

Cap_i = capacidad de la bodega para almacenar el producto i

M= Big M

Variables

Z= costo óptimo de adquisición del producto

$X_{(i,t)}$ = cantidad a ordenar del producto i en el mes j

$s_{(i,t)}$ = Inventario final del producto i en el mes j

$y_{(i,t)}$ = variable binaria (¿se realiza el pedido o no?)

4.5.1 Formulación Matemática

Función objetivo

El objetivo del siguiente modelo de programación mixta es, minimizar los costos totales de inventario con base en el modelo de Wagner Whitin, el cual, pone énfasis en la disminución de los costos de compra que influyen en el inventario. Como se muestra en la ecuación 14. Para el cálculo se tiene la suma del costo unitario de transporte, costo unitario de mantener inventario y el costo unitario de ordenar o de pedir el producto.

$$\mathbf{Z \min} = \underbrace{\sum_i \sum_{j>0} C_{(i,j)} * X_{(i,j)}}_{\text{Costo de ordenar}} + \underbrace{\sum_i \sum_{j>0} h_{(i,j)} * S_{(i,j)}}_{\text{Costo de mantener}} + \underbrace{\sum_i \sum_{j>0} CT_i * Y_{(i,j)}}_{\text{Costo de transporte}}$$

Ecuación 17 Costo Total Óptimo de Compra

Además, se muestran las restricciones de inventarios, capacidad del almacén que tiene por producto, las restricciones binarias (¿se compra? O ¿no se compra?), y las restricciones de no negatividad que se muestra desde la ecuación 15 hasta la ecuación 19.

Restricciones

a) Balance de inventarios

$$S_{(i,j)} = S_{(i,j-1)} + X_{(i,j)} - d_{(i,j)}; \forall i, t$$

Ecuación 18 Balance de Inventarios

b) Capacidad de pedido

$$X_{(i,j)} \leq cap_i; \forall i, t$$

Ecuación 19 Capacidad

c) Balance binarias

$$X_{(i,j)} \leq M * Y_{(i,j)}; \forall i, t$$

Ecuación 20 Balance binarias

d) Restricciones de no negatividad

$$X_{(i,j)}, S_{(i,j)} \geq 0$$

Ecuación 21 Restricción de demanda e Inventario Final

$$Y_{(i,j)} \in [1,0]$$

Ecuación 22 Restricción Binaria

4.5.2 Aplicación del Modelo Matemático Multiproducto con programación

Mixta

Para la aplicación del modelo Multiproducto con programación mixta se utilizó el Software GAMS STUDIO 1.10.4.

Se escribió el modelo en el Software especificando los conjuntos, parámetros, variables y por último las ecuaciones, las cuales permiten que el modelo se ejecute y brinde la información en pocos segundos.

En el índice j se indica el periodo total, en este caso son 12 meses, pero en el modelo se observa que el conjunto empieza desde 0. Esto revela que en este período es la cantidad con la se inicia antes de comenzar a planificar (inventario inicial).

Para que el modelo se pueda ejecutar se importaron hojas de Excel ver en el (Anexo 9), allí se detalla los datos de la demanda pronosticada del año 2022, costos, capacidad que tiene la bodega para cada producto y su inventario inicial. Por esta razón los datos no se pueden observar en el modelo, mostrando únicamente los códigos que permiten que el modelo los lea y ejecute.

En la Figura 20 se muestra el código que se realizó en GAMS STUDIO:

```

GAMS Studio
File Edit GAMS MIPRO Tools View Help
Welcome Modelo Multiproducto.gms*
1 MODELO DE PROGRAMACIÓN MIXTA
2 TITLE MULTIPRODUCTO
3 SETS i indice que identifica los productos /i1*150/
4       j indice que identifica el periodo/0*12//
5 PARAMETER d(i,j)
6           c(i,j)
7           h(i,j)
8           CT(i)
9           inicial(i)
10          cap(i);
11 nonEcho > tasks.txt
12 par=d rng=Demanda!A1 rdim=1 cdim=1
13 par=c rng=CC!A1 rdim=1 cdim=1
14 par=h rng=CM!A1 rdim=1 cdim=1
15 par=CT rng=CT!A1 rdim=1
16 par=inicial rng=I!A1 rdim=1
17 par=cap rng=cap!A1 rdim=1
18 $offEcho
19 $call gdxrrv C:\Users\usuario\Documents\GAMS\Studio\workspace\Hilos.xlsx trace=4 &tasks.txt
20 $GDXIN Hilos.gdx
21 $load d c h CT inicial cap
22 $GDXIN
23 PARAMETER
24 W /1000000//
25 Variables
26 Z
27 X(i,j) CANTIDAD A ORDENAR
28 S(i,j) INVENTARIO FINAL
29 Y(i,j) VARIABLE BINARIA DE SI SE COMPRO O NO?
30 ;
31 Positive variables X,S;
32 Binary variables Y;
33 S-FX(i,"0")=inicial(i);
34 EQUATIONS costo, balanceinventarios(i,j), capacidad (i,j), balancebin(i,j);
35 Costo.. Z =e= sum((i,j),c(i,j)*X(i,j))+ sum((i,j)$ (ord(j)>1), h(i,j)*S(i,j))+sum((i,j),CT(i)*Y(i,j));
36 balanceinventarios(i,j) $ (ord(j)>1)..S(i,j)=e= S(i,j-1)+x(i,j)-d(i,j);
37 capacidad(i,j).. x(i,j)$ (ord(j)>1) =1-cap(i);
38 balancebin(i,j)..x(i,j) =1=MY(i,j);
39 MODEL Multiproducto /All/;
40 SOLVE Multiproducto MIN Z USING MIP;
41 display X.1
42 execute unload "c.gdx" X.1
43 execute "gdxrrv.exe c.gdx var= X.1 rng=pedidos!"
C:\Users\usuario\Desktop\TESIS ENFOQUE MODELO\MODELO\MODELO Multiproducto.gms

```

Figura 20 Modelo Matemático en el Software GAMS STUDIO

Elaborado por: Denisse Portilla

4.5.3 Resultados del Software

VAR Z

Mediante la interacción de los datos, GAMS STUDIO proporciona la solución óptima al modelo de programación mixta planteado con un costo mínimo. Los resultados que se obtienen al resolver el modelo matemático para los Hilos son los siguientes:

La Figura 21 contiene la cantidad del costo total óptimo de compra de los productos.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	819481.1615	+INF	.

Figura 21 Costo Óptimo

Elaborado por: Denisse Portilla

VAR CANTIDAD A ORDENAR (X)

Para las cantidades a ordenar, el modelo planifica tomando en cuenta la cantidad de inventario inicial y la capacidad. En la Figura 22 se muestra para el hilo0001 y el hilo0002 la cantidad óptima a ordenar para los 12 meses del año 2022.

La ventaja del modelo es que este pedirá siempre las cantidades justas, así se evita costos innecesarios por pedir grandes cantidades de producto que al final del mes, no se venden.

--- VAR X CANTIDAD A ORDENAR				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
i1 .0	.	.	+INF	EPS
i1 .1	.	1606.5000	+INF	.
i1 .2	.	1567.3600	+INF	.
i1 .3	.	1590.6100	+INF	.
i1 .4	.	1576.8100	+INF	.
i1 .5	.	1585.0010	+INF	.
i1 .6	.	1580.1300	+INF	.
i1 .7	.	1583.0200	+INF	.
i1 .8	.	1581.3000	+INF	.
i1 .9	.	1582.3200	+INF	.
i1 .10	.	1581.7200	+INF	.
i1 .11	.	1582.0800	+INF	.
i1 .12	.	1581.8600	+INF	.
i2 .0	.	.	+INF	EPS
i2 .1	.	716.6600	+INF	.
i2 .2	.	995.3400	+INF	.
i2 .3	.	995.3400	+INF	.
i2 .4	.	995.3400	+INF	.
i2 .5	.	995.3400	+INF	.
i2 .6	.	995.3400	+INF	.
i2 .7	.	995.3400	+INF	.
i2 .8	.	995.3400	+INF	.
i2 .9	.	995.3400	+INF	.
i2 .10	.	995.3400	+INF	.
i2 .11	.	995.3400	+INF	.
i2 .12	.	995.3400	+INF	.

Figura 22 Cantidad para ordenar

Elaborado por: Denisse Portilla

VAR INVENTARIO FINAL (S)

Con el inventario final el modelo especifica si al final de cada mes existe producto que se mantendrá en los almacenes de la empresa, además si este existe, se calcula el costo de mantener.

En la Figura 23 se observa como el modelo planifica las cantidades que se almacenan al final del mes para el hilo001 y el hilo0002, si existiese producto no vendido en ese periodo en el almacén.

```

---- VAR S INVENTARIO FINAL

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
i1 .0	.	.	.	-6.3300
i1 .1	.	.	+INF	0.8619
i1 .2	.	.	+INF	0.8531
i1 .3	.	.	+INF	0.5715
i1 .4	.	.	+INF	0.7609
i1 .5	.	.	+INF	0.9273
i1 .6	.	.	+INF	0.9695
i1 .7	.	.	+INF	0.8771
i1 .8	.	.	+INF	0.9812
i1 .9	.	.	+INF	0.7608
i1 .10	.	.	+INF	0.7355
i1 .11	.	.	+INF	0.9974
i1 .12	.	.	+INF	7.7848
i2 .0	439.9800	439.9800	439.9800	-6.4500
i2 .1	.	245.4300	+INF	.
i2 .2	.	285.3600	+INF	.
i2 .3	.	292.9100	+INF	.
i2 .4	.	312.8900	+INF	.
i2 .5	.	315.3900	+INF	.
i2 .6	.	300.5400	+INF	.
i2 .7	.	278.4500	+INF	.
i2 .8	.	246.4300	+INF	.
i2 .9	.	200.7600	+INF	.
i2 .10	.	144.7300	+INF	.
i2 .11	.	78.1700	+INF	.
i2 .12	.	.	+INF	17.2881

Figura 23 Inventario Final

Elaborado por: Denisse Portilla

VARIABLES BINARIAS (Y)

Con las variables binarias el modelo detecta si en ese mes se necesita realizar un pedido o no. En la Figura 24 para los hilos0001 y 0002 se indica si es necesario comprar en ese determinado mes se pondra 1 caso contrario es 0.

```

---- VAR Y VARIABLE BINARIA DE SI SE COMPRA O NO?

```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
i1 .0	.	.	1.0000	0.2000
i1 .1	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .2	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .3	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .4	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .5	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .6	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .7	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .8	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .9	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .10	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .11	.	1.0000	1.0000	0.2000
i1 .12	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .0	.	.	1.0000	0.2000
i2 .1	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .2	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .3	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .4	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .5	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .6	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .7	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .8	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .9	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .10	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .11	.	1.0000	1.0000	0.2000
i2 .12	.	1.0000	1.0000	0.2000

Figura 24 Variable Binaria

Elaborado por: Denisse Portilla

Al final el modelo brinda en una tabla las cantidades óptimas a ordenar para el año 2022, esto se puede observar en el mismo Software como se detalla en la Figura 25.

Mediante el código que está escrito en la última línea del modelo Multiproducto ver Figura 20, este crea una hoja de Excel (Anexo 10) donde brinda los resultados. Esta es una gran ventaja ya que la empresa puede obtener esta información de una manera más fácil para realizar la planificación de sus ventas.

----	41 VARIABLE X.L CANTIDAD A ORDENAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	1606.500	1567.360	1590.610	1576.810	1585.001	1590.130	1583.020	1581.300	1582.320	1581.720	1582.080	1581.860
12	716.660	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340	995.340
13	296.590	389.280	414.860	430.040	458.810	478.690	493.060	515.570	528.990	548.140	571.780	590.040
14	399.080	425.160	426.070	426.370	426.470	426.500	426.510	426.510	426.510	426.510	426.510	426.510
15	474.310	473.430	473.340	473.330	473.330	473.330	473.330	473.330	473.330	473.330	473.330	473.330
16	183.160	467.640	373.790	313.620	291.260	246.060	265.640	248.570	226.070	226.070	226.070	226.070
17	278.030	250.350	282.090	258.360	279.130	264.100	277.900	268.470	277.760	271.970	278.320	274.900
18	182.610	276.480	290.690	283.950	287.150	285.630	286.350	286.010	286.170	286.090	286.130	286.110
19	224.200	220.640	224.150	223.640	223.710	223.700	223.700	223.700	223.700	223.700	223.700	223.700
110	265.750	283.710	284.140	284.100	284.100	284.100	284.100	284.100	284.100	284.100	284.100	284.100
111	269.870	169.580	305.210	221.860	241.380	262.560	231.400	252.350	246.870	241.730	249.840	244.110
112	26.400	215.880	222.460	221.760	232.170	240.320	251.310	260.860	270.780	279.960	289.170	298.140
113	244.210	358.200	319.180	356.440	346.490	365.770	366.950	379.330	384.790	394.530	401.610	410.340
114	54.490	259.240	261.320	261.480	260.570	261.140	261.090	260.910	261.050	261.020	260.990	261.020
115	107.530	162.710	162.480	161.200	161.200	161.110	160.920	160.910	160.880	160.870	160.870	160.870
116	260.480	266.980	265.190	264.830	264.760	264.740	264.740	264.740	264.740	264.740	264.740	264.740
117	152.170	271.970	182.310	212.760	228.630	202.550	216.070	217.010	210.250	215.170	214.290	212.790
118		63.480	119.830	117.540	117.540	121.210	122.680	126.220	129.300	133.190	137.070	141.300
119	129.985	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890	165.890
120	96.760	131.300	127.490	132.930	133.150	136.320	137.810	140.260	142.160	144.370	146.410	148.550
121	5.620	117.940	117.330	119.350	120.130	121.490	122.580	123.800	124.960	126.140	127.310	128.490
122	14.230	145.160	144.440	144.660	144.600	144.620	144.610	144.610	144.610	144.610	144.610	144.610
123		40.960	65.330	59.280	66.930	65.090	63.150	64.910	64.700	64.140	64.530	64.530
124		115.730	226.180	225.610	226.210	226.130	225.930	226.070	226.080	226.010	226.050	226.050
125	129.540	147.240	151.070	149.220	149.210	149.500	149.410	149.400	149.420	149.410	149.410	149.410
126	28.380	253.900	249.760	257.280	260.150	264.870	268.850	273.120	277.280	281.490	285.680	289.870
127		101.630	113.440	112.720	115.720	117.410	119.560	121.540	123.590	125.610	127.640	129.660
128	91.800	103.150	103.980	104.740	105.540	106.320	107.110	107.890	108.680	109.460	110.250	111.040
129	139.140	155.430	111.990	153.380	119.560	130.650	133.020	114.180	127.230	114.400	114.760	116.260
130		40.970	102.440	101.290	101.940	102.260	102.610	102.970	103.320	103.670	104.030	104.380
131		1.650	86.920	89.480	90.460	91.000	92.250	93.380	94.310	95.360	96.420	97.440
132		97.960	123.310	117.960	130.260	117.620	126.750	122.290	122.790	124.680	121.980	124.350
133	23.830	80.200	83.770	82.880	83.730	83.920	84.360	84.710	85.090	85.450	85.820	86.190
134	34.630	91.870	91.500	91.830	91.800	91.730	91.760	91.770	91.760	91.760	91.760	91.760
135	65.390	83.620	87.130	86.690	88.940	90.780	92.300	94.100	95.790	97.470	99.150	100.890
136	33.740	50.740	76.280	61.360	70.120	65.030	68.050	66.310	67.350	66.770	67.140	66.960
137		14.610	98.670	82.630	101.310	86.830	104.210	90.710	107.250	94.570	110.290	98.420
138		4.460	92.150	94.820	96.840	98.540	100.380	102.280	104.150	106.010	107.870	109.740
139			74.820	83.230	85.980	87.940	90.100	92.270	94.410	96.560	98.710	100.860
140	59.270	92.090	97.520	95.001	94.600	95.510	95.200	95.080	95.230	90.190	95.170	95.190
141		69.230	74.830	74.550	74.510	74.520	74.520	74.520	74.520	74.520	74.520	74.520
142	11.900	100.110	91.310	93.250	93.070	93.090	93.090	93.090	93.090	93.090	93.090	93.090
143	57.050	101.160	100.300	100.770	100.510	100.650	100.580	100.620	100.600	100.610	100.600	100.600
144	119.640	149.870	141.170	140.850	140.890	140.900	140.900	140.900	140.900	140.900	140.900	140.900
145	23.990	74.060	73.260	72.470	71.690	70.910	70.150	69.390	68.640	67.900	67.160	66.440
146		24.610	64.590	66.260	67.100	68.130	69.210	70.250	71.300	72.350	73.400	74.440
147		22.750	90.400	92.490	91.400	91.970	91.670	91.830	91.750	91.780	91.770	91.780
148							9.660	33.100	32.960	32.850	31.980	31.590
149			50.350	75.610	61.240	56.730	43.440	43.440	43.440	43.440	43.440	43.440
150			19.210	40.940	38.270	39.810	38.950	39.440	39.160	39.320	39.230	39.280

Figura 25 Cantidades Optimas de Pedido en GAMS

Elaborado por: Denisse Portilla

4.5.4 Análisis de los Resultados

Para el análisis de los resultados se comparó el año 2021 con el año 2022 que fue el año que se pronosticó y luego se planificó con el modelo de programación mixta. Los datos de compra fueron dados por CASATEX, a continuación, en la Tabla 14, se realiza el comparativo:

Tabla 14 Porcentaje de mejora en Costos de compra de los productos

Productos	Año 2021	Año 2022
Hilos	\$ 976.885,45	\$ 819.538,66
Ahorro	\$ 157.346,79	
% Mejora	16,11%	

Elaborado por: Denisse Portilla

Con los resultados alcanzados se concluye que el modelo si puede aplicarse en la empresa, ya que le permitirá tener una visión más concreta de sus compras, pidiendo lo que realmente necesita. Se llegó a una mejora del 16,11%, este porcentaje significa un ahorro de 157.404,28 dólares para CASATEX.

4.5.5 Instructivo del Modelo Multiproducto

Se elaboró una guía que explica el paso a paso de la ejecución del modelo de inventarios. Pues si la empresa opta por la aplicación del modelo, pueda aplicarlo fácilmente por cualquiera de sus trabajadores. Este instructivo lo podemos encontrar en el (Anexo 11).

CONCLUSIONES

- La investigación bibliográfica proporcionó información que sirvió como guía metodológica para la realización de la formulación y modelización del problema; así como la construcción del código en GAMS del Modelo Multiproducto.
- Para el diagnóstico de la empresa se realizó un diagrama de causa-efecto en donde se estableció como principal problemática; el inadecuado control de inventarios. Para la detección de las causas se aplicó las 5M con las cuales se determinó que la empresa tiene: exceso de stock, realiza reprocesos de su materia prima y vende grandes cantidades de hilos en promociones.
- Con la recopilación de la información del inventario de CASATEX se constató que este tiene un amplio catálogo de alrededor de 2000 hilos, por lo que se les agrupo teniendo una característica en común, el nombre del producto, con esto se obtuvo un total de 25 familias. Para este trabajo solo se escogió la familia 1, ya que es el conjunto de hilos que en los últimos tres años ha tenido una cantidad significativa de ventas a comparación con las otras familias. Ya teniendo la familia de hilos que en este caso se compone de 211 colores se procedió a realizar la clasificación ABC, en donde se obtuvo los siguientes resultados: 50 hilos que corresponden al Tipo A, 68 al Tipo B y 93 del Tipo C. Para la aplicación del modelo Multiproducto solo se tomó en cuenta al Grupo A, al ser los productos más relevantes en ventas de la familia 1.

- Mediante la aplicación del Modelo Multiproducto se obtuvo las cantidades óptimas a pedir para el año 2022 correspondiente a los 50 hilos, además de la minimización de sus costos totales de adquisición. Para el caso de CASATEX se logró un ahorro de 157.404,28 dólares esto significa que se alcanzó una mejora del 16,11% en comparación con el año 2021, en donde no se aplicaba ningún modelo de inventarios. Finalmente, se realizó un manual de uso, el cual indica todos los requerimientos y el paso a paso de cómo se debe ejecutar el Modelo Multiproducto, si la persona encargada de la planificación de inventarios requiere de la utilización del modelo.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere la compra de la versión completa de GAMS para que se realice la propuesta de este trabajo a un número mayor de productos, ya que en este trabajo no se pudo realizarlo ya que se utilizó la versión demo de GAMS la cual tiene algunas limitaciones.
- Se recomienda aplicar el modelo Multiproducto en los productos del tipo B y C, ya que son productos que pertenecen a la familia 1, este conjunto de hilos son los que generan los mayores ingresos para CASATEX.
- Se debería considerar socializar el manual de usuario del modelo al personal que realiza la planificación del abastecimiento, para ver si optan por aplicarlo o no en la empresa.

BIBLIOGRAFIA

- Castañeda, L., Soto , D., Pérez , M., & Gamez, W. (s.f.). *Aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para las PY;MES en Bogotá*. Obtenido de Aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para las PY;MES en Bogotá:
<http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista9/articulos/Aplicacion-de-un-modelo-de-inventarios-multiproducto-para-las-PYES-en-Bogota.pdf>
- Chapman, S. (2006). *Planificación y Control de la Producción* . México : Pearson Educación .
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro*. México: McGraw-Hill.
- Coronado, J. (8 de Agosto de 2020). *Modelo de Inventario Multiproducto y el Abastecimiento Coordinado*. Obtenido de Modelo de Inventario Multiproducto y el Abastecimiento Coordinado:
[file:///C:/Users/usuario/Downloads/MODELOS_DE_INVENTARIO_MULTIPRODUCTO_Y_EL%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/MODELOS_DE_INVENTARIO_MULTIPRODUCTO_Y_EL%20(2).pdf)
- Cuellar , L. (2 de Mayo de 2022). *Arima en R Studio*. Obtenido de
<https://www.youtube.com/watch?v=PBcdIK5oKtQ>
- Dulcey, A. (9 de Agosto de 2020). *Modelo de Inventarios para Múltiples Artículos* . Obtenido de Modelo de Inventarios para Múltiples Artículos :
https://prezi.com/srwd0r_sd3rb/modelo-de-inventario-para-multiples-articulos/

Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. México: International Thomson Editores.

Hanke, J., & Wicher, D. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México: Prentice Hall.

Hillier, F., & Lieberman, G. (2015). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México : MC Graw Hill.

Londoño, J., Arias , M., & Puerta , M. (2011). *Matemáticas Aplicadas Optimización de Inventarios Aleatorios*. Medellín: Sello Editorial.

Millan, G. (8 de Agosto de 2020). *Modelo de Invenatrios Multiproducto*. Obtenido de Modelo de Invenatrios Multiproducto:
https://www.academia.edu/6775256/MODELOS_DE_INVENTARIO_MULTI_PRODUCTOS

Montemayor, E. (2015). *Métodos de Pronósticos para Negocios* . México : Editorial Digital Tecnológico de Monterrey .

Pérez, O. (15 de Julio de 2020). *Universidad Myor de San Simón*. Obtenido de Universidad Myor de San Simón:
http://www.cs.umss.edu.bo/doc/material/mat_gral_86/Cap4_%20Gestion%20de%20inventarios.pdf

Render, B., & Heizer, J. (2017). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.

Render, B., & Heizer, J. (2017). *Principios de Administración de Operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Robert Jacobs, & Richard Chase . (2014). *Administracion de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. México: Mc Graw Hill.

Salazar, B. (7 de Agosto de 2020). *Ingeniería Industrial*. Obtenido de Ingeniería Industrial: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/sistemas-de-loteo/>

Sánchez Sánchez, S. P. (2015). Control de Inventarios mediante programación lineal en la empresa La Fortaleza CIA. LTDA. *Tesis de Ingeniería*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Sandoya, F. (1 de Junio de 2021). *Modelo Multiperiodo Multiproducto*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=T8cr86JgUz0>

Silva, A. (1 de Abril de 2021). *Modelo Multiperiodo avanzado*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=Jw-Hg6z14Mc>

Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción* . México : MC Grawhill.

Valencia Cardenas, M., Díaz Serna , F. J., & Correa Morales, J. C. (2016). Modelo de inventario multi-producto, con Pronósticos de demanda y Optimización Bayesiana. *DYNA*, 235-243.

Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de Control y Gestión de Invenatrios*. Colombia:
Universidad del Valle.

ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario sobre el Manejo y control de Inventarios de CASATEX

Nº	Pregunta	Respuesta			Observación
		Si	No	N/A	
1.	Se utiliza un sistema de control adecuado que permita tener información sobre los niveles de venta, niveles actuales de inventario y rotación del inventario	X			Se utiliza un sistema contable que actualiza los niveles de inventario, pero no de la rotación de los productos
2.	¿Cada cuanto tiempo la empresa se abastece de producto?			X	La empresa se abastece de tres a cuatro veces por semana, porque existen diferentes proveedores
3.	Se genera grandes cantidades de productos obsoletos o de baja rotación	X			Si existe producto de baja rotación quedado en almacén, por lo que en ocasiones se vende el producto a un menor precio para que este salga.
4.	¿Cada cuanto tiempo se realiza el recuento físico del inventario?			X	Se lo realiza cada fin de año
5.	Se utiliza de alguna técnica para realizar las ordenes de pedido		X		No, las ordenes de cantidades a ordenar de los productos se lo realiza de manera empirica. El encargado es el señor bodeguero
6.	Se tiene seguidamente roturas o excesos de stock	X			En ocasiones sucede, por lo que la empresa realiza ofertas o manda a retinturar los hilos de colores que si se vendan.
7.	Existe un manual de procedimientos en donde se registra. Controla y se asignan actividades			X	No se cuenta con un manual de procedimientos
8.	Se monitorea de manera constante la información para mantener actualizado el inventario	X			Si, este se lo realiza a través del sistema FENIX, el cual los mantiene actualizados.
9.	Se capacita a los trabajadores sobre las actividades que tienen a su responsabilidad.		X		No se ve muy necesario hacerlo porque todos conocen sus responsabilidades.
10.	¿Se puede decir que esta en orden en almacén?		X		Se trata de que se encuentre todo en orden, pero hay días que por el ajetreo no se tiene organizado
11.	¿Es adecuado el espacio disponible en el almacén ?		X		Si, hace falta espacio en muchas ocasiones, mas cuando llegan grandes cantidades de nuevo producto y a veces se coloca en lugares no adecuados como gradas, o se deja el producto en el muelle del almacén.
12.	¿De que manera se organizan los productos cuando estos se ubican en almacén?			X	Estos se organizan por proveedor y por producto

Fuente: CASATEX

Anexo 2 Datos históricos de las cantidades de ventas de los primeros 5 meses de la distribuidora (2019-2021)

COD	Año 2019					Año 2020					Año 2021				
	En	Feb	Mar	Ab	Mayo	En	Feb	Mar	Ab	Mayo	En	Feb	Mar	Ab	Mayo
hilo0001	866,3	929,6	917,68	1141,32	1144,24	712,96	936,2	843,74	0	10,22	1037,12	1591,26	2295,74	1088,66	2112,8
hilo0002	542,8	599,8	515,86	834,38	418,88	726,84	565,48	525,92	0	0	484,44	504,18	1171,7	446,7	702,08
hilo0003	90,5	201,3	298,68	366,6	310,18	211,04	212,14	153,38	0	20,52	242,38	285,78	597,58	313,56	364,32
hilo0004	141,9	159,4	109,84	286,82	258,64	131,12	200,74	203,58	20,6	0	259,56	435,14	830,08	239,18	478,2
hilo0005	39,82	19,96	143,18	98,52	100,38	59,96	49,9	120,44	0	0	170,2	271,3	363,14	150,96	251,22
hilo0006	40,12	10,2	70,68	90,78	10,08	70,32	80,64	223,76	0	0	172,2	203,66	463,52	305,62	471,38
hilo0007	201,3	279,5	188,32	299,64	162,12	209,48	181,2	161,84	0	0	191,2	109,92	353,38	70,8	141,5
hilo0008	0	0	0	0	0	40,68	91,6	30,44	0	0	150,74	141,34	547,26	305,46	517,42
hilo0009	0	533,2	40,04	269,68	353,28	81,06	71,02	30,68	0	0	110,18	151,54	304,6	192,88	70,64
hilo0010	132,8	109,5	110,7	168,9	230,02	80,92	140,98	60,98	0	0	140,6	240,48	362,24	60,72	162,28
hilo0011	141,7	130,7	40,24	238,76	10,12	49,46	90,4	172,26	0	0	171,32	253,12	560,84	160,72	264,08
hilo0012	149,9	40,04	60,78	100,02	160,86	177,32	70,14	40,7	0	12,38	150,66	161,94	431,98	80,34	152,82
hilo0013	40,12	20,06	0	90,72	30,34	60	20,24	101,32	0	0	150,86	60,52	494,36	182,36	322
hilo0014	100,9	99,56	109,22	160,52	120,04	120,6	101,34	60,84	0	0	232,98	182,24	386,24	91,1	304,46
hilo0015	138,8	199,5	159,74	140,16	100,36	119,52	100,34	91,28	0	10,14	280,2	91,02	203	70,58	163,62
hilo0016	60,18	60,38	109,96	210,34	100,84	80,92	50,52	10,02	0	0	111,56	203,26	387,26	30,44	132,08
hilo0017	0	50,08	19,96	80,18	150,48	111,42	61,22	20,38	0	0	120,26	141,22	390,48	10	50,3
hilo0018	81,52	203,6	141,56	129,5	90,8	91,66	121,4	60,7	20,14	0	91,4	71,22	143,12	20,5	141,98
hilo0019	19,9	100,4	69,86	89,94	131,8	61,04	50,68	30,58	0	0	151,44	131,4	293,32	0	172,44
hilo0020	0	139,9	19,98	80,16	30,32	70,94	40,74	0	0	0	91,12	80,92	262,42	30,66	121,74
hilo0021	20,16	132,1	9,94	69,82	90,98	10	20,08	0	0	0	111,34	111,18	91,54	20,34	132,08
hilo0022	110,6	170,3	80,26	101,78	40,24	50,28	70,32	70,34	20,18		20,32	101,66	223,74	80,84	274,86
hilo0023	20,1	50,22	30,18	0	128,14	10,08	70,52	0	0	0	40	90,7	233,52	30,38	141,16
hilo0024	0	0	0	0	0	90,46	70,16	30	0	0	91,7	101,18	243,84	40,72	102,22
hilo0025	49,98	20,06	69,96	60,3	90,88	50,72	40,22	19,94	0	0	141,24	121,82	253,4	50,62	151,94
hilo0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171,32	253,12	560,84	160,72	264,08
hilo0027	0	0	0	0	0	9,98	89,58	19,88	0	0	81,08	141,48	182,32	183,06	252,92
hilo0028	60,58	101,3	49,68	49,76	39,76	70,94	49,84	30	0	0	40,64	70,88	160,36	20,1	81,26
hilo0029	0	0	0	0	0	50,52	70,32	61,02	0	0	81,36	61,06	212,32	60,94	170,74
hilo0030	90,58	90,4	39,82	30,02	49,6	59,78	16,98	50,88	0	0	50,46	60,66	101,44	40,34	40,44
hilo0031	60,64	20,16	49,96	60,22	90,28	29,9	20,12	9,98	0	0	20,22	91,38	130,46	30,02	112,28
hilo0032	0	19,9	0	9,8	0	0	80,82	39,82	0	0	61,32	70,68	61,28	60,94	181,88
hilo0033	51,16	100,9	50,16	109,78	50,84	50,28	40,14	0	0	0	81,02	20,18	50,14	9,72	20,28
hilo0034	20,1	50,28	20,14	40,24	19,96	0	0	0	0	0	10,24	45,36	190,16	10,26	121,14
hilo0035	20,16	20,16	29,92	19,8	29,88	40,86	60,9	10,1	0	0	20,3	151,5	152,02	40,64	60,88
hilo0036	39,5	89,94	70,72	130,26	29,96	50,32	20,14	40,46	0	0	50,46	20,32	111,2	0	50,98
hilo0037	30,52	20,22	20,02	10,06	20	60,2	29,94	40,34	0	0	107,32	40,24	80,54	30,28	121,52
hilo0038	20,14	0	40,52	0	0	0	0	0	0	0	10,2	0	10,1	0	30,42
hilo0039	0	0	10,04	19,88	10,04	0	10,12	0	0	0	20,38	10,26	10,18	29,86	71,34
hilo0040	0	10,02	30,32	40,32	61,32	0	20,42	20,54	0	0	0	40,5	30,42	30,24	20,12
hilo0041	50,7	0	30,42	40,48	50,6	0	20,16	30,2	0	0	40,22	19,98	70,86	0	40,64
hilo0042	10,16	10,02	9,8	30,24	0	0	19,94	40,4	0	0	80,88	30,38	40,42	71,28	71,18
hilo0043	10,16	40,76	0	0	0	40,26	40,1	20,04	0	0	61,44	30,62	151,36	40,12	91,16
hilo0044	40,22	70,92	9,98	119,62	40,54	49,4	29,94	81,62	0	0	161,44	121,54	334,44	61,18	81,52
hilo0045	10	30,38	0	10,08	10,08	20,2	30,26	10,22	0	0	101,06	60,68	143,24	41,08	71,48
hilo0046	30,66	20,2	0	0	20,2	30,18	10,14	0	0	10,12	20,48	10,26	91,62	61,04	121,46
hilo0047	0	0	0	0	0	0	0	10,22	0	10,18	61,02	38,9	161,06	20,34	170,84
hilo0048	39,88	40,28	9,92	19,88	9,94	29,64	39,68	0	0	0	0	20,32	50,4	10,1	20,2
hilo0049	0	0	19,94	0	9,94	9,6	29,92	0	0	0	30,44	50,7	111,2	40,8	30,2
hilo0050	0	40,36	40,52	81,2	10,14	30,32	90,28	0	0	0	51,12	10,1	81,56	0	105,48

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3 Clasificación ABC de los productos

Código	Volumen Total	Costo Unitario	Costo Total	Acumulado	% Acumulado	ZONA	%
Hilo 0130	53956,30	\$ 7,1	\$ 384.431,24	\$ 384.431,24	15,7552%	A	79,81%
Hilo 0127	29491,62	\$ 7,1	\$ 210.163,92	\$ 594.595,16	24,3684%	A	
Hilo 0089	11547,94	\$ 7,1	\$ 81.960,17	\$ 676.555,33	27,7273%	A	
Hilo 0107	11303,47	\$ 7,1	\$ 80.293,39	\$ 756.848,72	31,0180%	A	
Hilo 0046	10182,10	\$ 7,2	\$ 73.288,20	\$ 830.136,92	34,0216%	A	
Hilo 0123	8811,88	\$ 7,2	\$ 63.030,77	\$ 893.167,70	36,6048%	A	
Hilo 0180	7923,33	\$ 7,1	\$ 56.053,50	\$ 949.221,20	38,9020%	A	
Hilo 0027	6894,09	\$ 7,2	\$ 49.700,73	\$ 998.921,93	40,9389%	A	
Hilo 0129	6752,32	\$ 7,1	\$ 47.669,81	\$ 1.046.591,74	42,8926%	A	
Hilo 0085	6547,96	\$ 7,1	\$ 46.493,66	\$ 1.093.085,40	44,7980%	A	
Hilo 0041	6065,92	\$ 7,1	\$ 43.088,28	\$ 1.136.173,68	46,5639%	A	
Hilo 0113	6049,99	\$ 7,1	\$ 42.912,70	\$ 1.179.086,38	48,3226%	A	
Hilo 0139	5901,74	\$ 7,2	\$ 42.269,38	\$ 1.221.355,76	50,0550%	A	
Hilo 0167	5965,06	\$ 7,1	\$ 42.238,52	\$ 1.263.594,28	51,7860%	A	
Hilo 0049	5546,01	\$ 7,1	\$ 39.160,33	\$ 1.302.754,61	53,3909%	A	
Hilo 0098	5342,70	\$ 7,1	\$ 37.911,31	\$ 1.340.665,92	54,9447%	A	
Hilo 0093	4395,70	\$ 7,1	\$ 31.146,76	\$ 1.371.812,68	56,2211%	A	
Hilo 0091	4238,14	\$ 7,1	\$ 30.024,78	\$ 1.401.837,46	57,4517%	A	
Hilo 0158	4064,28	\$ 7,1	\$ 28.897,56	\$ 1.430.735,01	58,6360%	A	
Hilo 0161	3883,48	\$ 7,1	\$ 27.566,96	\$ 1.458.301,97	59,7657%	A	
Hilo 0210	3837,79	\$ 7,2	\$ 27.523,11	\$ 1.485.825,08	60,8937%	A	
Hilo 0038	3731,82	\$ 7,1	\$ 26.614,22	\$ 1.512.439,30	61,9845%	A	
Hilo 0119	3695,38	\$ 7,1	\$ 26.132,69	\$ 1.538.571,98	63,0555%	A	
Hilo 0141	3634,82	\$ 7,2	\$ 26.120,28	\$ 1.564.692,26	64,1259%	A	
Hilo 0128	3539,06	\$ 7,1	\$ 25.270,43	\$ 1.589.962,70	65,1616%	A	
Hilo 0120	3269,10	\$ 7,2	\$ 23.625,41	\$ 1.613.588,11	66,1298%	A	
Hilo 0138	3185,48	\$ 7,2	\$ 22.809,63	\$ 1.636.397,74	67,0647%	A	
Hilo 0155	2948,10	\$ 7,1	\$ 20.923,98	\$ 1.657.321,72	67,9222%	A	
Hilo 0140	2599,17	\$ 7,1	\$ 18.526,23	\$ 1.675.847,94	68,6815%	A	
Hilo 0177	2493,56	\$ 7,1	\$ 17.813,59	\$ 1.693.661,53	69,4115%	A	
Hilo 0142	2317,42	\$ 7,1	\$ 16.482,69	\$ 1.710.144,22	70,0870%	A	
Hilo 0055	2260,98	\$ 7,2	\$ 16.179,43	\$ 1.726.323,64	70,7501%	A	
Hilo 0087	2182,84	\$ 7,1	\$ 15.493,85	\$ 1.741.817,49	71,3851%	A	
Hilo 0045	2048,47	\$ 7,2	\$ 14.725,85	\$ 1.756.543,34	71,9886%	A	
Hilo 0144	2011,58	\$ 7,1	\$ 14.276,82	\$ 1.770.820,16	72,5737%	A	
Hilo 0157	2003,46	\$ 7,1	\$ 14.141,09	\$ 1.784.961,26	73,1533%	A	
Hilo 0052	1936,60	\$ 7,1	\$ 13.699,87	\$ 1.798.661,12	73,7147%	A	
Hilo 0147	1799,28	\$ 7,3	\$ 13.089,31	\$ 1.811.750,43	74,2512%	A	
Hilo 0099	1743,12	\$ 7,2	\$ 12.535,11	\$ 1.824.285,54	74,7649%	A	
Hilo 0184	1724,92	\$ 7,2	\$ 12.367,58	\$ 1.836.653,13	75,2717%	A	
Hilo 0124	1728,54	\$ 7,1	\$ 12.331,98	\$ 1.848.985,10	75,7771%	A	
Hilo 0185	1652,08	\$ 7,2	\$ 11.879,70	\$ 1.860.864,80	76,2640%	A	
Hilo 0171	1641,83	\$ 7,1	\$ 11.715,56	\$ 1.872.580,37	76,7442%	A	
Hilo 0118	1654,52	\$ 7,1	\$ 11.704,54	\$ 1.884.284,91	77,2238%	A	
Hilo 0201	1641,58	\$ 7,1	\$ 11.693,91	\$ 1.895.978,82	77,7031%	A	
Hilo 0033	1540,08	\$ 7,2	\$ 11.054,00	\$ 1.907.032,82	78,1561%	A	
Hilo 0117	1411,16	\$ 7,2	\$ 10.125,78	\$ 1.917.158,60	78,5711%	A	
Hilo 0075	1419,21	\$ 7,1	\$ 10.103,20	\$ 1.927.261,80	78,9852%	A	
Hilo 0056	1412,44	\$ 7,1	\$ 10.074,39	\$ 1.937.336,19	79,3981%	A	
Hilo 0043	1421,49	\$ 7,0	\$ 10.021,48	\$ 1.947.357,67	79,8088%	A	

Hilo 0182	1370,63	\$ 7,2	\$ 9,862,95	\$ 1.957.220,62	80,2130%	B
Hilo 0034	1367,12	\$ 7,2	\$ 9,829,00	\$ 1.967.049,62	80,6158%	B
Hilo 0090	1348,02	\$ 7,1	\$ 9,555,51	\$ 1.976.605,13	81,0074%	B
Hilo 0183	1299,96	\$ 7,2	\$ 9,313,35	\$ 1.985.918,49	81,3891%	B
Hilo 0199	1295,12	\$ 7,1	\$ 9,229,73	\$ 1.995.148,22	81,7674%	B
Hilo 0037	1232,38	\$ 7,0	\$ 8,664,60	\$ 2.003.812,82	82,1225%	B
Hilo 0152	1167,42	\$ 7,1	\$ 8,234,89	\$ 2.012.047,71	82,4600%	B
Hilo 0084	1128,78	\$ 7,0	\$ 7,945,87	\$ 2.019.993,58	82,7856%	B
Hilo 0159	1070,36	\$ 7,1	\$ 7,636,16	\$ 2.027.629,74	83,0986%	B
Hilo 0125	1042,85	\$ 7,2	\$ 7,500,63	\$ 2.035.130,37	83,4060%	B
Hilo 0032	1012,44	\$ 7,4	\$ 7,479,72	\$ 2.042.610,09	83,7125%	B
Hilo 0121	1043,67	\$ 7,1	\$ 7,435,41	\$ 2.050.045,50	84,0172%	B
Hilo 0066	1000,42	\$ 7,2	\$ 7,157,38	\$ 2.057.202,88	84,3106%	B
Hilo 0030	983,50	\$ 7,1	\$ 6,963,45	\$ 2.064.166,33	84,5959%	B
Hilo 0156	939,40	\$ 7,4	\$ 6,940,19	\$ 2.071.106,52	84,8804%	B
Hilo 0200	980,48	\$ 7,0	\$ 6,905,42	\$ 2.078.011,94	85,1634%	B
Hilo 0068	957,62	\$ 7,2	\$ 6,856,69	\$ 2.084.868,63	85,4444%	B
Hilo 0004	949,18	\$ 7,1	\$ 6,714,01	\$ 2.091.582,64	85,7195%	B
Hilo 0036	937,78	\$ 7,1	\$ 6,694,18	\$ 2.098.276,82	85,9939%	B
Hilo 0053	902,18	\$ 7,1	\$ 6,406,72	\$ 2.104.683,54	86,2565%	B
Hilo 0080	889,72	\$ 7,2	\$ 6,389,18	\$ 2.111.072,73	86,5183%	B
Hilo 0097	867,82	\$ 7,1	\$ 6,187,52	\$ 2.117.260,24	86,7719%	B
Hilo 0035	828,54	\$ 7,2	\$ 5,924,20	\$ 2.123.184,45	87,0147%	B
Hilo 0170	791,00	\$ 7,2	\$ 5,667,16	\$ 2.128.851,61	87,2469%	B
Hilo 0102	792,02	\$ 7,1	\$ 5,614,67	\$ 2.134.466,28	87,4771%	B
Hilo 0192	749,86	\$ 7,1	\$ 5,348,31	\$ 2.139.814,59	87,6962%	B
Hilo 0054	734,34	\$ 7,2	\$ 5,274,00	\$ 2.145.088,60	87,9124%	B
Hilo 0164	736,08	\$ 7,1	\$ 5,221,10	\$ 2.150.309,70	88,1264%	B
Hilo 0073	739,85	\$ 7,0	\$ 5,211,02	\$ 2.155.520,72	88,3399%	B
Hilo 0132	708,46	\$ 7,1	\$ 5,023,03	\$ 2.160.543,75	88,5458%	B
Hilo 0149	677,18	\$ 7,1	\$ 4,802,00	\$ 2.165.345,74	88,7426%	B
Hilo 0181	668,56	\$ 7,2	\$ 4,791,60	\$ 2.170.137,34	88,9390%	B
Hilo 0039	675,68	\$ 7,1	\$ 4,782,37	\$ 2.174.919,71	89,1350%	B
Hilo 0103	650,99	\$ 7,1	\$ 4,621,99	\$ 2.179.541,70	89,3244%	B
Hilo 0060	649,06	\$ 7,1	\$ 4,615,28	\$ 2.184.156,98	89,5135%	B
Hilo 0050	643,24	\$ 7,2	\$ 4,605,80	\$ 2.188.762,78	89,7023%	B
Hilo 0082	637,43	\$ 7,1	\$ 4,540,95	\$ 2.193.303,73	89,8884%	B
Hilo 0166	631,84	\$ 7,1	\$ 4,501,58	\$ 2.197.805,31	90,0729%	B
Hilo 0062	627,18	\$ 7,2	\$ 4,493,02	\$ 2.202.298,33	90,2570%	B
Hilo 0048	623,68	\$ 7,1	\$ 4,404,13	\$ 2.206.702,46	90,4375%	B
Hilo 0191	617,26	\$ 7,1	\$ 4,381,71	\$ 2.211.084,17	90,6171%	B
Hilo 0083	603,24	\$ 7,2	\$ 4,341,44	\$ 2.215.425,62	90,7950%	B
Hilo 0143	596,68	\$ 7,2	\$ 4,319,59	\$ 2.219.745,21	90,9720%	B
Hilo 0040	589,90	\$ 7,2	\$ 4,247,43	\$ 2.223.992,64	91,1461%	B
Hilo 0206	585,82	\$ 7,2	\$ 4,195,28	\$ 2.228.187,92	91,3181%	B
Hilo 0151	586,12	\$ 7,1	\$ 4,186,21	\$ 2.232.374,13	91,4896%	B
Hilo 0088	590,80	\$ 7,1	\$ 4,169,27	\$ 2.236.543,40	91,6605%	B
Hilo 0015	564,52	\$ 7,3	\$ 4,129,94	\$ 2.240.673,34	91,8297%	B
Hilo 0150	583,86	\$ 7,0	\$ 4,112,92	\$ 2.244.786,26	91,9983%	B
Hilo 0061	575,76	\$ 7,1	\$ 4,093,98	\$ 2.248.880,24	92,1661%	B
Hilo 0029	564,16	\$ 7,2	\$ 4,083,52	\$ 2.252.963,76	92,3334%	B
Hilo 0186	565,54	\$ 7,1	\$ 4,013,26	\$ 2.256.977,02	92,4979%	B
Hilo 0196	554,50	\$ 7,1	\$ 3,953,06	\$ 2.260.930,08	92,6599%	B
Hilo 0044	548,03	\$ 7,2	\$ 3,937,08	\$ 2.264.867,16	92,8213%	B
Hilo 0042	554,96	\$ 7,1	\$ 3,929,10	\$ 2.268.796,26	92,9823%	B
Hilo 0187	555,18	\$ 7,1	\$ 3,917,16	\$ 2.272.713,42	93,1429%	B
Hilo 0154	545,64	\$ 7,2	\$ 3,909,93	\$ 2.276.623,36	93,3031%	B
Hilo 0005	534,72	\$ 7,3	\$ 3,903,33	\$ 2.280.526,69	93,4631%	B
Hilo 0047	532,64	\$ 7,2	\$ 3,817,30	\$ 2.284.344,00	93,6195%	B
Hilo 0188	525,70	\$ 6,9	\$ 3,651,44	\$ 2.287.995,43	93,7692%	B
Hilo 0106	494,92	\$ 7,3	\$ 3,609,29	\$ 2.291.604,72	93,9171%	B
Hilo 0051	506,82	\$ 7,1	\$ 3,576,73	\$ 2.295.181,45	94,0637%	B
Hilo 0134	503,44	\$ 7,1	\$ 3,555,72	\$ 2.298.737,16	94,2094%	B
Hilo 0092	484,49	\$ 7,2	\$ 3,498,03	\$ 2.302.235,19	94,3527%	B
Hilo 0168	483,92	\$ 7,2	\$ 3,488,14	\$ 2.305.723,33	94,4957%	B
Hilo 0059	486,20	\$ 7,1	\$ 3,466,90	\$ 2.309.190,23	94,6378%	B
Hilo 0101	483,54	\$ 7,2	\$ 3,465,0173	\$ 2.312.655,24	94,7798%	B
Hilo 0173	447,48	\$ 7,2	\$ 3,239,11	\$ 2.315.894,35	94,9125%	B

15,10%

Hilo 0025	451,97	\$ 7,1	\$ 3.198,88	\$ 2.319.093,23	95,0436%	C
Hilo 0057	443,88	\$ 7,2	\$ 3.180,61	\$ 2.322.273,84	95,1740%	C
Hilo 0160	440,57	\$ 7,2	\$ 3.154,64	\$ 2.325.428,48	95,3033%	C
Hilo 0058	429,48	\$ 7,2	\$ 3.094,20	\$ 2.328.522,69	95,4301%	C
Hilo 0133	435,54	\$ 7,0	\$ 3.058,09	\$ 2.331.580,77	95,5554%	C
Hilo 0063	424,36	\$ 7,2	\$ 3.054,39	\$ 2.334.635,16	95,6806%	C
Hilo 0153	430,10	\$ 7,1	\$ 3.044,14	\$ 2.337.679,30	95,8054%	C
Hilo 0176	414,54	\$ 7,2	\$ 2.967,16	\$ 2.340.646,46	95,9270%	C
Hilo 0172	416,16	\$ 7,1	\$ 2.936,39	\$ 2.343.582,85	96,0473%	C
Hilo 0023	412,80	\$ 7,1	\$ 2.924,14	\$ 2.346.506,98	96,1671%	C
Hilo 0162	420,32	\$ 6,9	\$ 2.915,63	\$ 2.349.422,61	96,2866%	C
Hilo 0131	395,00	\$ 7,2	\$ 2.858,50	\$ 2.352.281,12	96,4038%	C
Hilo 0174	393,60	\$ 7,2	\$ 2.843,52	\$ 2.355.124,63	96,5203%	C
Hilo 0202	364,36	\$ 7,1	\$ 2.580,30	\$ 2.357.704,93	96,6261%	C
Hilo 0207	342,00	\$ 7,4	\$ 2.523,87	\$ 2.360.228,80	96,7295%	C
Hilo 0081	327,24	\$ 7,1	\$ 2.337,66	\$ 2.362.566,46	96,8253%	C
Hilo 0028	302,58	\$ 7,3	\$ 2.195,25	\$ 2.364.761,70	96,9153%	C
Hilo 0208	303,50	\$ 7,2	\$ 2.172,58	\$ 2.366.934,29	97,0043%	C
Hilo 0197	301,50	\$ 7,2	\$ 2.167,76	\$ 2.369.102,04	97,0932%	C
Hilo 0003	291,08	\$ 7,4	\$ 2.164,81	\$ 2.371.266,85	97,1819%	C
Hilo 0071	293,91	\$ 7,2	\$ 2.120,98	\$ 2.373.387,83	97,2688%	C
Hilo 0148	291,50	\$ 7,2	\$ 2.091,17	\$ 2.375.479,00	97,3545%	C
Hilo 0136	291,38	\$ 7,1	\$ 2.065,70	\$ 2.377.544,70	97,4392%	C
Hilo 0111	180,74	\$ 6,9	\$ 1.256,02	\$ 2.407.804,09	98,6793%	C
Hilo 0094	171,70	\$ 7,1	\$ 1.218,69	\$ 2.409.022,78	98,7292%	C
Hilo 0076	171,30	\$ 7,1	\$ 1.212,97	\$ 2.410.235,75	98,7789%	C
Hilo 0137	159,67	\$ 7,1	\$ 1.125,96	\$ 2.411.361,72	98,8251%	C
Hilo 0179	152,42	\$ 7,3	\$ 1.117,86	\$ 2.412.479,58	98,8709%	C
Hilo 0175	151,86	\$ 7,1	\$ 1.081,00	\$ 2.413.560,58	98,9152%	C
Hilo 0016	141,20	\$ 7,4	\$ 1.040,19	\$ 2.414.600,77	98,9578%	C
Hilo 0194	141,06	\$ 6,9	\$ 969,79	\$ 2.415.570,55	98,9976%	C
Hilo 0209	131,52	\$ 7,1	\$ 933,16	\$ 2.416.503,71	99,0358%	C
Hilo 0135	130,60	\$ 7,1	\$ 924,39	\$ 2.417.428,11	99,0737%	C
Hilo 0116	131,28	\$ 6,9	\$ 908,79	\$ 2.418.336,90	99,1110%	C
Hilo 0163	121,16	\$ 7,2	\$ 876,80	\$ 2.419.213,70	99,1469%	C
Hilo 0205	121,78	\$ 7,1	\$ 868,74	\$ 2.420.082,44	99,1825%	C
Hilo 0108	121,75	\$ 7,1	\$ 861,20	\$ 2.420.943,64	99,2178%	C
Hilo 0074	110,78	\$ 7,4	\$ 823,67	\$ 2.421.767,31	99,2515%	C
Hilo 0064	116,84	\$ 7,0	\$ 819,81	\$ 2.422.587,12	99,2851%	C
Hilo 0204	115,00	\$ 7,0	\$ 807,96	\$ 2.423.395,08	99,3183%	C
Hilo 0017	99,54	\$ 7,6	\$ 751,86	\$ 2.424.146,94	99,3491%	C
Hilo 0007	101,04	\$ 7,3	\$ 733,79	\$ 2.424.880,73	99,3791%	C
Hilo 0070	101,12	\$ 7,2	\$ 729,20	\$ 2.425.609,93	99,4090%	C
Hilo 0190	103,30	\$ 6,9	\$ 717,40	\$ 2.426.327,33	99,4384%	C
Hilo 0079	100,88	\$ 7,1	\$ 715,44	\$ 2.427.042,77	99,4677%	C
Hilo 0009	91,02	\$ 7,3	\$ 661,00	\$ 2.427.703,76	99,4948%	C
Hilo 0195	90,86	\$ 7,2	\$ 653,08	\$ 2.428.356,84	99,5216%	C
Hilo 0024	93,12	\$ 7,0	\$ 649,46	\$ 2.429.006,30	99,5482%	C
Hilo 0077	90,28	\$ 7,0	\$ 627,82	\$ 2.429.634,12	99,5739%	C
Hilo 0013	81,14	\$ 7,6	\$ 614,89	\$ 2.430.249,00	99,5991%	C
Hilo 0018	80,62	\$ 7,5	\$ 605,52	\$ 2.430.854,53	99,6240%	C
Hilo 0109	80,60	\$ 7,4	\$ 593,67	\$ 2.431.448,20	99,6483%	C
Hilo 0002	80,99	\$ 7,0	\$ 570,74	\$ 2.432.018,94	99,6717%	C
Hilo 0011	81,64	\$ 6,9	\$ 563,54	\$ 2.432.582,48	99,6948%	C
Hilo 0026	80,36	\$ 6,9	\$ 556,96	\$ 2.433.139,45	99,7176%	C
Hilo 0020	72,13	\$ 7,5	\$ 541,87	\$ 2.433.681,31	99,7398%	C
Hilo 0178	69,90	\$ 7,1	\$ 494,38	\$ 2.435.771,53	99,8255%	C
Hilo 0008	60,58	\$ 7,5	\$ 452,55	\$ 2.436.224,07	99,8440%	C
Hilo 0198	61,64	\$ 7,1	\$ 438,96	\$ 2.436.663,04	99,8620%	C
Hilo 0100	61,28	\$ 7,1	\$ 436,80	\$ 2.437.099,84	99,8799%	C
Hilo 0114	60,00	\$ 7,0	\$ 417,84	\$ 2.437.517,68	99,8970%	C
Hilo 0126	54,82	\$ 7,2	\$ 395,20	\$ 2.437.912,88	99,9132%	C
Hilo 0104	70,28	\$ 5,6	\$ 392,98	\$ 2.438.305,85	99,9293%	C
Hilo 0010	50,28	\$ 7,5	\$ 377,15	\$ 2.438.683,00	99,9448%	C
Hilo 0146	50,90	\$ 7,3	\$ 371,76	\$ 2.439.054,76	99,9600%	C
Hilo 0012	30,18	\$ 7,3	\$ 220,96	\$ 2.439.275,72	99,9691%	C
Hilo 0105	29,96	\$ 7,2	\$ 215,35	\$ 2.439.491,06	99,9779%	C
Hilo 0112	30,10	\$ 7,1	\$ 212,31	\$ 2.439.703,38	99,9866%	C
Hilo 0069	14,90	\$ 7,1	\$ 106,39	\$ 2.439.809,76	99,9910%	C
Hilo 0110	10,12	\$ 7,3	\$ 74,09	\$ 2.439.883,86	99,9940%	C
Hilo 0096	10,24	\$ 7,2	\$ 74,06	\$ 2.439.957,91	99,9970%	C
Hilo 0072	10,08	\$ 7,1	\$ 72,00	\$ 2.440.029,91	100,0000%	C
TOTAL	342327,57		\$ 2.440.029,91			

5,09%

Fuente: Elaboración Propia

MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN

VERSIÓN: 1

FECHA DE LA VERSIÓN: 12/09/20

 CASATEX Distribuidor de Hilos, Fibras Textiles	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 2

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Descripción de los cambios	Fecha de Actualización

	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 3

INTRODUCCIÓN

CASATEX, se dedica a la venta de hilos y fibras textiles, por lo que sus actividades principales constituyen el manejo y el control de sus productos. Por esta razón se elabora el manual de recepción y expedición de los materiales para que la empresa tenga un documento de respaldo que le permita observar cómo se manejan en la actualidad estas actividades y en el futuro mejorarlas, para aumentar la productividad de la empresa.

Este manual se lo realiza con la intención de describir cada uno de los procedimientos que se ejecutan en la gestión del almacén de la distribuidora, mediante este manual definiremos cada uno de los procedimientos de recepción y expedición de los materiales garantizando su entendimiento y su correcta ejecución.

Solo describiremos los procesos que son parte de la gestión del almacén como son: Recepción, Almacenamiento y expedición de los productos.

Este manual servirá de Guía para los trabajadores nuevos o actuales de cómo se manejan cada uno de los procedimientos.

OBJETIVO

Elaborar un manual de recepción y expedición para que la empresa cuente con un documento en el que se detallen sus procedimientos en lo que respecta a la gestión del almacén.

 CASATEX Distribuidor de Hilos, Fibras Textiles	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 4

PROCEDIMIENTOS

De Almacén

1. Recepción de los materiales
2. Ubicación de los Productos en Almacén
3. Expedición de pedidos

	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 5

RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES

1. Objeto y ámbito de aplicación

Estandarizar cada uno de los procedimientos de la recepción de los productos, así como comprobar que la mercancía coincida en clase, calidad y cantidad, con lo que se pidió.

2. Definiciones

Albarán: es un documento con el cual se acredita la entrega del producto.

Muelle: espacio donde se cargan o se descargan mercancías.

3. Descripción del Proceso

1. El jefe de bodega recibe al transporte y lo hace entrar a las instalaciones de la empresa
2. El transportista entrega el albarán al empleado, el cual constata si está el pedido completo
3. Se descarga el producto en el muelle, y se verifica también que el producto este en buenas condiciones.

4. Cuando el transporte es propio le pertenece a CASATEX, el transportista chequea el pedido en las instalaciones del proveedor, así como una verificación rápida del producto que se despacha.
5. Finalmente se descarga el producto

4. Políticas

- Si se comprueba que existe un producto equivocado o una orden incompleta esta se la remite inmediatamente al proveedor. El cual verifica la orden y envía la orden correcta inmediatamente a las instalaciones de la empresa.

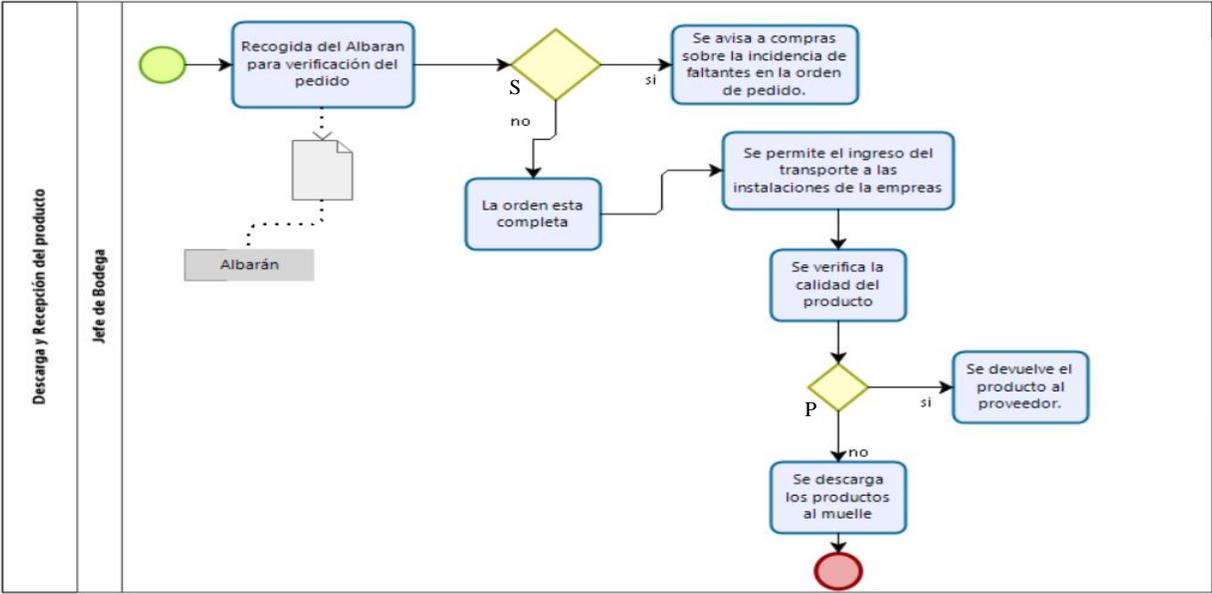
5. Responsabilidades

- **Jefe de bodega:** recibe al transportista, y verifica que el producto este en buenas condiciones
- **Bodegueros:** Se encargan de descargar el producto en el muelle
- **Transportista de la empresa:** revisa la orden de pedido y el producto

6. Archivos y Documentos generados

Albarán del proveedor

7. Flujograma



 CASATEX Distribuidor de Hilos, Fibras Textiles	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 8

UBICACIÓN DE PRODUCTO EN ALMACÉN

1. Objeto y ámbito de aplicación

Normalizar los procedimientos a seguir en la ubicación de los productos en almacén, para mantener una mejor organización en lo referente a espacio o movimiento de mercancías.

2. Definiciones

- **Pallets:** Se utiliza como sobre pisos para almacenar mercadería.
- **Hoja de control:** controla los productos que ingresan a almacén.
- **Familia de productos:** grupo de productos que tienen una característica en común.

3. Descripción del Proceso

1. Traslado de la mercadería desde el muelle a almacén
2. Se revisa el producto y se lo colocan encima de pallets
3. El producto se lo ubica por proveedor, color y por producto, están agrupados por familias, por lo que cada hilo tiene su espacio en bodega.
4. Se procede a colocar al producto la etiqueta de la empresa

5. Ingreso del producto al sistema de la empresa.
6. El producto permanece en almacén hasta su venta

4. Políticas

Cuando los productos pasan mucho tiempo en bodega, a veces estos pierden propiedades de calidad, por lo que se los mandan a re tinturar y se los vende a un menor precio. Pero si el producto se encuentra en buen estado este solo se lo vende en promociones que realiza la empresa como ofertas.

5. Responsabilidades

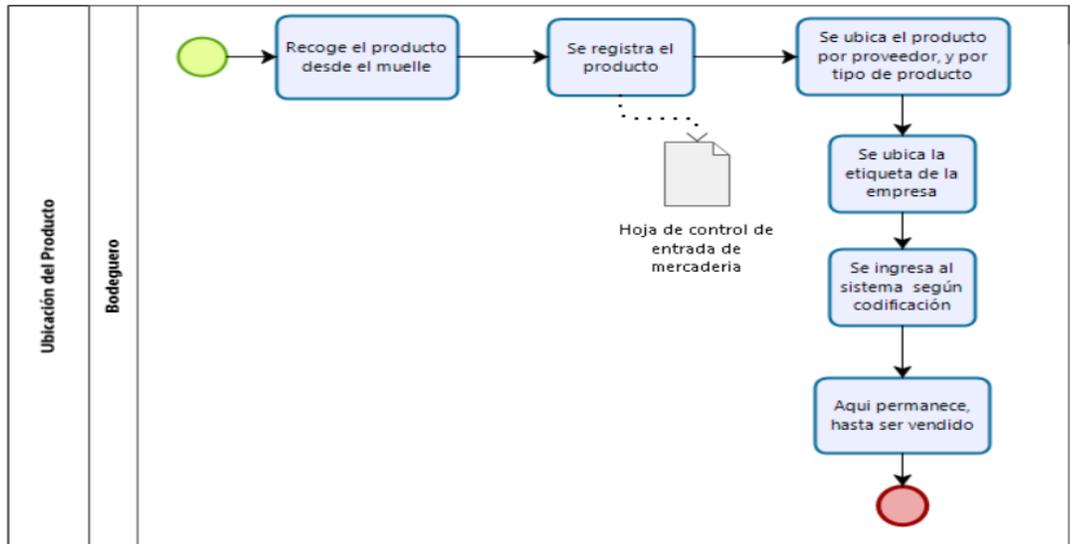
Jefe de Bodega: realiza las mismas funciones que el bodeguero además de supervisar que todo ande correctamente en el área de almacén.

Bodeguero: Se encarga de ubicar el producto en el lugar correspondiente, así como de etiquetar e ingresar el producto al sistema de la empresa.

6. Archivos y Documentos generados

Hoja de control, de entrada, de producto

7. Flujograma



8. Anexos

FORMATO DE CONTROL INTERNO

Fecha:

Folio:

Departamento:

Artículo	Cantidad

.....

FIRMA

Observaciones.....
.....

	MANUAL DE RECEPCIÓN Y EXPEDICIÓN DE MATERIALES	Código: MDRE-CST
		Edición: 01
		Página: 11

EXPEDICIÓN DE MATERIALES

1. Objeto y ámbito de aplicación

Establecer cada uno de los pasos a seguir en el procedimiento de expedición de los productos, además de controlar la mercancía del almacén hasta que llega a manos del cliente final.

2. Definiciones

Hoja de control de salida: Documento que sirve para el registro de los productos han salido del almacén, para después ser vendidos.

Proveedor: Empresa que está encargada de proveer los productos de venta.

Stock: conjunto de productos que están a espera de ser vendidos.

3. Descripción del Proceso

1. El cliente realiza la orden de su pedido
2. Se verifica si existe suficiente stock, sino es el caso se le avisa al cliente. En ocasiones se queda con el cliente en un tiempo de entrega hasta que la empresa ordene el pedido al proveedor.
3. Si existe producto se saca la cantidad deseada.
4. Si se vende por fundas estas se pasan por el sistema y se cobra la cantidad correspondiente.
5. Si se vende por individual, este se registra en una hoja de control la cual luego se procede a ingresar en cuenta varios.
6. Se cobra y si es necesario cuando son grandes cantidades se embala el producto.

4. Políticas

- Si existe roturas de stocks de los productos, la empresa emite inmediatamente al proveedor la orden del producto que se necesita.
- Cuando sale producto del almacén no se admiten devoluciones, por tal motivo se le anticipa al cliente que verifique que el producto este en buenas condiciones.

5. Responsabilidades

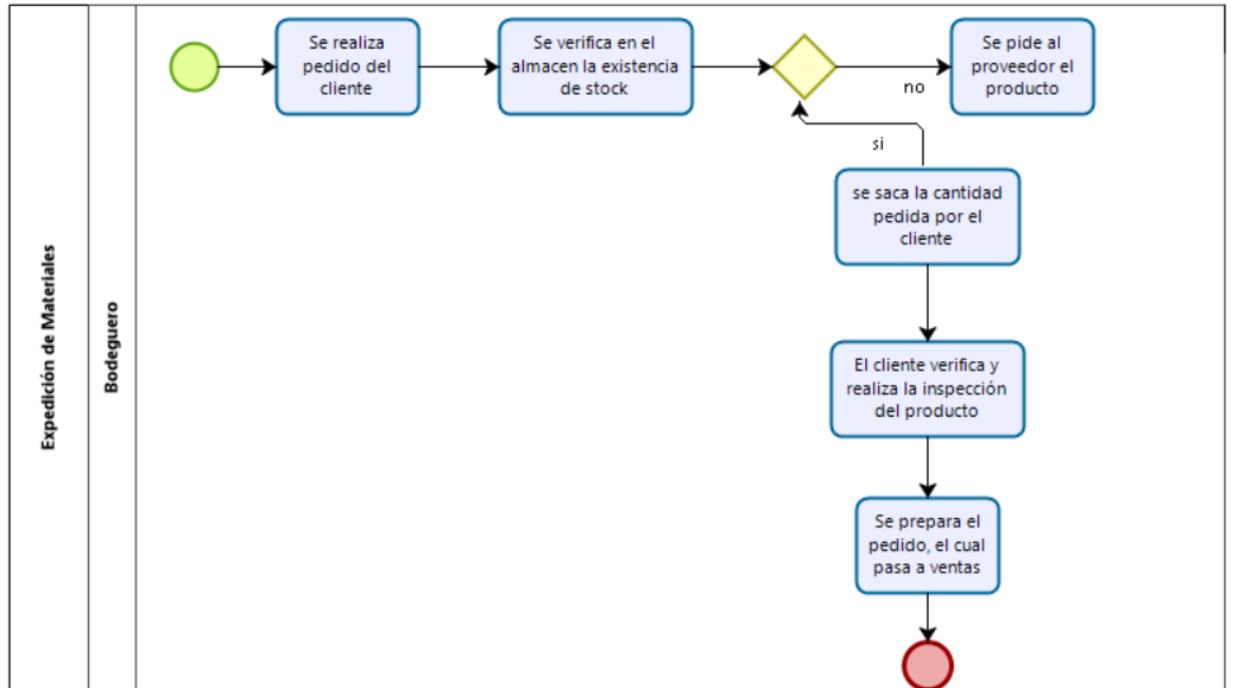
Jefe de Bodega y bodegueros: Se encargan de ir a revisar el almacén para constatar la existencia del producto, además de preparar el pedido.

Contador: Realiza la factura y el cobro de la venta del producto

6. Archivos y Documentos generados

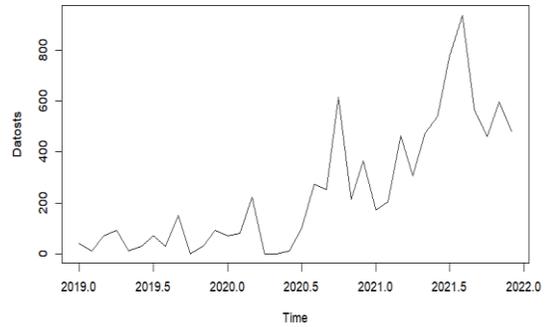
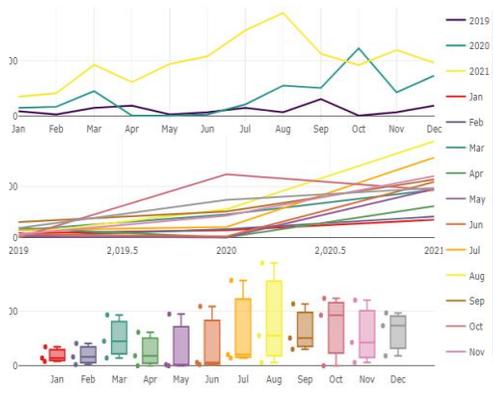
Hoja de control, salida del producto

7. Flujograma



Anexo 5 Código de Estacionariedad

```
Estacionariedad.R* x
Source on Save
1 library(tseries)
2 library(astsa)
3 library(forecast)
4 library(tidyverse)
5 library(lubridate)
6 library(foreign)
7 library(quantmod)
8 library(readxl)
9 library(ggplot2)
10 library(TSstudio)
11 Datos <- read_excel("Datos.xlsx")
12 Datos
13 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
14 Datosts=ts(Datos$`Hilo 0006`,freq=12,start=c(2019,1))
15 Datosts
16 plot(Datosts)
17 #calculando la estacionalidad
18 ts_seasonal(Datosts,type="all")
19 #Estacionariedad prueba dickey-fuller
20 adf.test(Datosts)
21
22
23
24
```



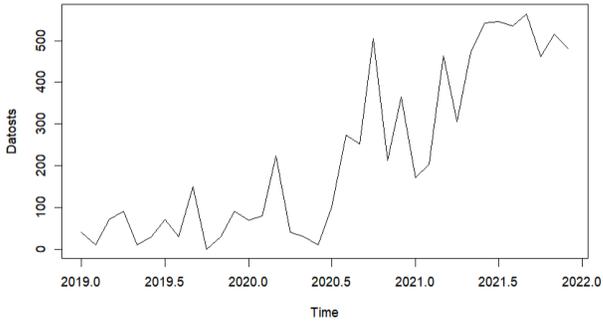
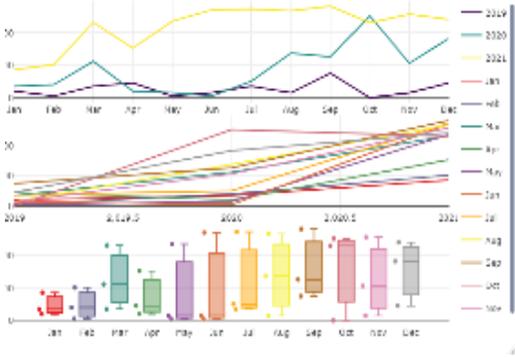
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6 Ajuste de series de Tiempo y Estacionariedad

```

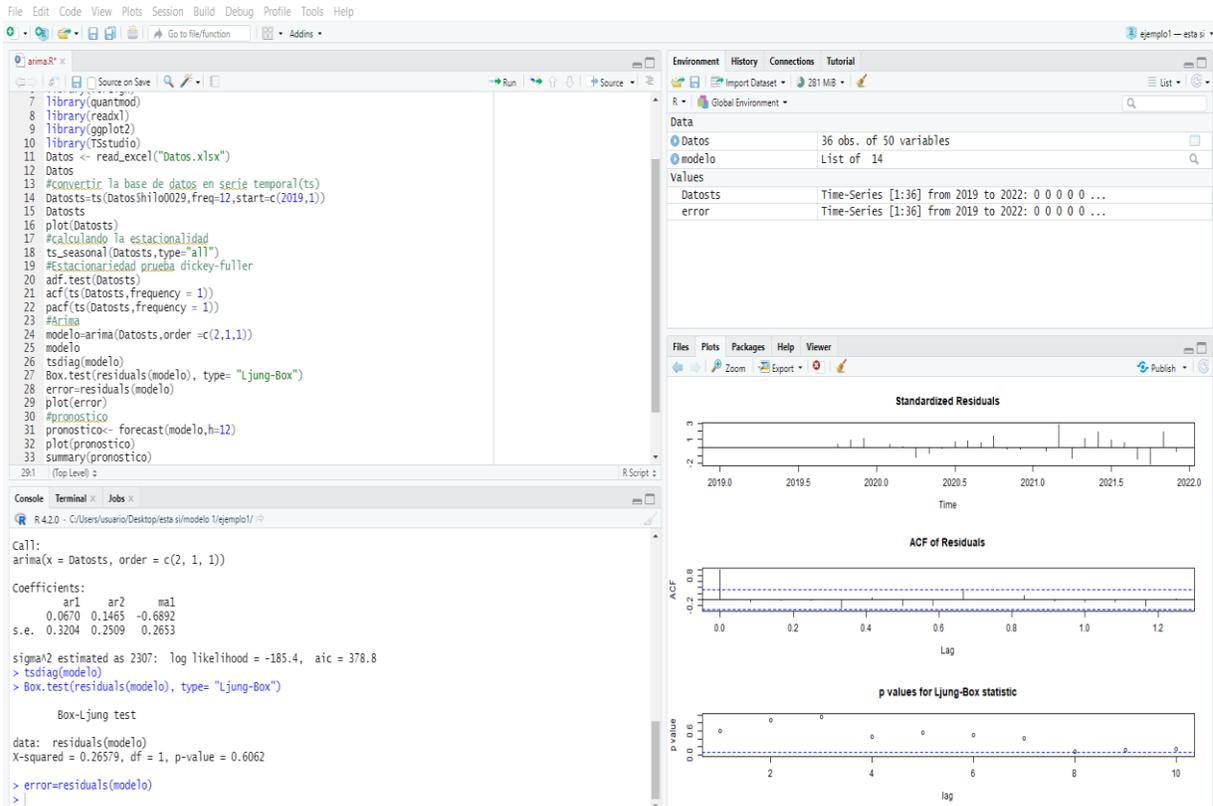
Estacionariedad.R*
Source on Save
1 library(tseries)
2 library(astsa)
3 library(forecast)
4 library(tidyverse)
5 library(lubridate)
6 library(foreign)
7 library(quantmod)
8 library(readxl)
9 library(ggplot2)
10 library(TSstudio)
11 Datos <- read_excel("Datos.xlsx")
12 Datos
13 #convertir la base de datos en serie temporal(ts)
14 Datosts=ts(Datos$`Hilo 0006`,freq=12,start=c(2019,1))
15 Datosts
16 plot(Datosts)
17 #calculando la estacionalidad
18 ts_seasonal(Datosts,type="all")
19 #Estacionariedad prueba dickey-fuller
20 adf.test(Datosts)
21 #calculando diferencias
22 ndiffs(Datosts)
23 seriedif=diff(Datosts)
24 seriedif
25 plot(seriedif)
26 #Estacionariedad prueba dickey-fuller
27 adf.test(seriedif)

```



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7 Código ARIMA



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8 Pronósticos de demanda para el año 2022

Hilos	PRONÓSTICO 2022											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
hilo0001	1606,5	1567,36	1590,61	1576,81	1585,001	1580,13	1583,02	1581,3	1582,32	1581,72	1582,08	1581,86
hilo0002	911,21	955,41	987,79	975,36	992,84	1010,19	1017,43	1027,36	1041,01	1051,37	1061,90	1073,51
hilo0003	371,85	389,28	414,86	430,04	458,81	478,69	493,06	515,57	528,99	548,14	571,78	590,04
hilo0004	422,36	425,16	426,07	426,37	426,47	426,5	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51
hilo0005	474,31	473,43	473,34	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,330	473,33	473,33	473,33
hilo0006	394,83	467,64	373,79	313,62	291,26	246,06	265,64	248,57	226,07	226,07	226,07	226,07
hilo0007	288,46	250,35	282,09	258,36	279,13	264,1	277,9	268,47	277,76	271,97	278,32	274,9
hilo0008	306,46	276,48	290,69	283,95	287,15	285,63	286,35	286,01	286,17	286,09	286,13	286,11
hilo0009	244,62	220,64	224,15	223,64	223,71	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7
hilo0010	288,97	283,71	284,14	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1
hilo0011	293,59	169,58	305,21	221,86	241,38	262,56	231,4	252,35	246,87	241,73	249,84	244,11
hilo0012	238,44	215,88	222,46	221,76	232,17	240,32	251,31	260,86	270,78	279,96	289,17	298,14
hilo0013	273,96	358,2	319,18	356,44	346,49	365,77	366,95	379,33	384,79	394,53	401,61	410,34
hilo0014	263,41	259,24	261,32	261,48	260,57	261,14	261,09	260,91	261,05	261,02	260,99	261,02
hilo0015	171,57	162,71	162,48	161,2	161,2	161,11	160,92	160,91	160,88	160,87	160,87	160,87
hilo0016	275,69	266,98	265,19	264,83	264,76	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74
hilo0017	181,39	271,97	182,31	212,76	228,63	202,55	216,07	217,01	210,25	215,17	214,29	212,79
hilo0018	108,88	125,95	113,77	119,83	117,54	121,21	122,68	126,22	129,3	133,19	137,07	141,3
hilo0019	146,86	155,1	154,62	158,005	161,09	163,4	166,28	168,99	171,67	174,41	177,12	179,83
hilo0020	118,74	131,3	127,49	132,93	133,15	136,32	137,81	140,26	142,16	144,37	146,41	148,55
hilo0021	112,97	117,94	117,33	119,35	120,13	121,49	122,58	123,8	124,96	126,14	127,31	128,49
hilo0022	142,83	145,16	144,44	144,66	144,6	144,62	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61
hilo0023	44,98	76,62	65,33	59,28	66,93	65,09	63,15	64,91	64,7	64,14	64,53	64,53
hilo0024	224,59	226,93	226,18	225,61	226,21	226,13	225,93	226,07	226,08	226,01	226,05	226,05
hilo0025	143,16	147,24	151,07	149,22	149,21	149,5	149,41	149,4	149,42	149,41	149,41	149,41
hilo0026	228,84	253,9	249,76	257,28	260,15	264,87	268,85	273,12	277,28	281,49	285,68	289,87
hilo0027	123,45	103,68	113,44	112,72	115,72	117,41	119,56	121,54	123,59	125,61	127,64	129,66
hilo0028	102,47	103,15	103,98	104,74	105,54	106,32	107,11	107,89	108,68	109,46	110,25	111,04
hilo0029	166,94	155,43	111,99	153,38	119,56	130,65	133,02	114,18	127,23	114,4	114,76	116,26
hilo0030	115,69	96,1	102,44	101,29	101,94	102,26	102,61	102,97	103,32	103,67	104,03	104,38
hilo0031	89,09	87,48	86,92	89,48	90,46	91	92,25	93,38	94,31	95,36	96,42	97,44
hilo0032	101,85	132,97	123,31	117,96	130,26	117,62	126,75	122,29	122,79	124,68	121,98	124,35
hilo0033	87,61	80,2	83,77	82,88	83,73	83,92	84,36	84,71	85,09	85,45	85,82	86,19
hilo0034	92,68	91,87	91,5	91,83	91,8	91,73	91,76	91,77	91,76	91,76	91,76	91,76
hilo0035	75,47	83,62	87,13	86,69	88,94	90,78	92,3	94,1	95,79	97,47	99,19	100,89
hilo0036	94,3	50,74	76,28	61,36	70,12	65,03	68,05	66,31	67,35	66,77	67,14	66,96
hilo0037	92,9	79,17	98,67	82,63	101,31	86,83	104,21	90,71	107,25	94,57	110,29	98,42
hilo0038	93,19	91,25	92,15	94,82	96,84	98,54	100,38	102,28	104,15	106,01	107,87	109,74
hilo0039	71,97	79,92	82,07	83,23	85,98	87,94	90,1	92,27	94,41	96,56	98,71	100,86
hilo0040	92,03	92,09	97,52	95,001	94,6	95,51	95,2	95,08	95,23	90,19	95,17	95,19
hilo0041	68,64	74,63	74,83	74,55	74,51	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52
hilo0042	83,19	100,11	91,31	93,25	93,07	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09
hilo0043	99,58	101,16	100,3	100,77	100,51	100,65	100,58	100,62	100,6	100,61	100,6	100,6
hilo0044	136,92	149,87	141,17	140,85	140,89	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9
hilo 0045	74,87	74,06	73,26	72,47	71,69	70,91	70,15	69,39	68,64	67,9	67,16	66,44
hilo0046	67,18	63,41	64,59	66,26	67,1	68,13	69,21	70,25	71,3	72,35	73,4	74,44
Hilo0047	86,69	94,42	90,4	92,49	91,4	91,97	91,67	91,83	91,75	91,79	91,77	91,78
hilo0048	41,29	42,63	27,03	27,99	25,32	29,56	30,83	33,1	32,96	32,85	31,98	31,59
hilo0049	81,5	63,35	65,66	75,61	61,24	56,73	43,44	43,44	43,44	43,44	43,44	43,44
hilo0050	28,46	44,26	36,04	40,94	38,27	39,81	38,95	39,44	39,16	39,32	39,23	39,28

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9 Datos Exel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2	i1	1606,5	1567,36	1590,61	1576,81	1585,001	1580,13	1583,02	1581,3	1582,32	1581,72	1582,08	1581,86	
3	i2	911,21	955,41	987,79	975,36	992,84	1010,19	1017,43	1027,36	1041,01	1051,37	1061,90	1073,51	
4	i3	371,85	389,28	414,86	430,04	458,81	478,69	493,06	515,57	528,99	548,14	571,78	590,04	
5	i4	422,36	425,16	426,07	426,37	426,47	426,5	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51	
6	i5	474,31	473,43	473,34	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	
7	i6	394,83	467,64	373,79	313,62	291,26	246,06	265,64	248,57	226,07	226,07	226,07	226,07	
8	i7	288,46	250,35	282,09	258,36	279,13	264,1	277,9	268,47	277,76	271,97	278,32	274,9	
9	i8	306,46	276,48	290,69	283,95	287,15	285,63	286,35	286,01	286,17	286,09	286,13	286,11	
10	i9	244,62	220,64	224,15	223,64	223,71	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	
11	i10	288,97	283,71	284,14	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	
12	i11	293,59	169,58	305,21	221,86	241,38	262,56	231,4	252,35	246,87	241,73	249,84	244,11	
13	i12	238,44	215,88	222,46	221,76	232,17	240,32	251,31	260,86	270,78	279,96	289,17	298,14	
14	i13	273,96	358,2	319,18	356,44	346,49	365,77	366,95	379,33	384,79	394,53	401,61	410,34	
15	i14	263,41	259,24	261,32	261,48	260,57	261,14	261,09	260,91	261,05	261,02	260,99	261,02	
16	i15	171,57	162,71	162,48	161,2	161,2	161,11	160,92	160,91	160,88	160,87	160,87	160,87	
17	i16	275,69	266,98	265,19	264,83	264,76	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	
18	i17	181,39	271,97	182,31	212,76	228,63	202,55	216,07	217,01	210,25	215,17	214,29	212,79	
19	i18	108,88	125,95	113,77	119,83	117,54	121,21	122,68	126,22	129,3	133,19	137,07	141,3	
20	i19	146,86	155,1	154,62	158,005	161,09	163,4	166,28	168,99	171,67	174,41	177,12	179,83	
21	i20	118,74	131,3	127,49	132,93	133,15	136,32	137,81	140,26	142,16	144,37	146,41	148,55	
22	i21	112,97	117,94	117,33	119,35	120,13	121,49	122,58	123,8	124,96	126,14	127,31	128,49	
23	i22	142,83	145,16	144,44	144,66	144,6	144,62	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61	
24	i23	44,98	76,62	65,33	59,28	66,93	65,09	63,15	64,91	64,7	64,14	64,53	64,53	
25	i24	224,59	226,93	226,18	225,61	226,21	226,13	225,93	226,07	226,08	226,01	226,05	226,05	

	A	B	C	D	E
1	i1	0,15			
2	i2	0,15			
3	i3	0,15			
4	i4	0,15			
5	i5	0,15			
6	i6	0,15			
7	i7	0,15			
8	i8	0,15			
9	i9	0,15			
10	i10	0,15			
11	i11	0,15			
12	i12	0,15			
13	i13	0,15			
14	i14	0,15			
15	i15	0,15			
16	i16	0,15			
17	i17	0,15			
18	i18	0,15			
19	i19	0,15			
20	i20	0,15			
21	i21	0,15			
22	i22	0,15			
23	i23	0,15			
24	i24	0,15			
25	i25	0,15			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	i1	6,33	6,33	6,34	6,63	6,77	6,75	6,69	6,72	6,64	6,79	6,98	6,92
3	i2	6,45	6,33	6,35	6,26	6,57	6,66	6,68	6,72	6,61	6,83	6,96	6,95
4	i3	6,45	6,45	6,45	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,8	6,8	7,05	7,05
5	i4	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
6	i5	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
7	i6	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
8	i7	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
9	i8	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
10	i9	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
11	i10	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
12	i11	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
13	i12	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
14	i13	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
15	i14	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
16	i15	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
17	i16	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
18	i17	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
19	i18	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
20	i19	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
21	i20	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
22	i21	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
23	i22	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
24	i23	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84
25	i24	6,45	6,45	6,26	6,26	6,8	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6	7,05	6,84

Anexo 10 Cantidades a pedir para el año 2022 de todos los productos A

CANTIDADES ÓPTIMAS A ORDENAR PARA EL AÑO "2022"												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i1	1606,5	1567,36	1590,61	1576,81	1585,001	1580,13	1583,02	1581,3	1582,32	1581,72	1582,08	1581,86
i2	716,66	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34
i3	296,59	389,28	414,86	430,04	458,81	478,69	493,06	515,57	528,99	548,14	571,78	590,04
i4	399,08	425,16	426,07	426,37	426,47	426,5	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51
i5	474,31	473,43	473,34	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33
i6	183,16	467,64	373,79	313,62	291,26	246,06	265,64	248,57	226,07	226,07	226,07	226,07
i7	278,03	250,35	282,09	258,36	279,13	264,1	277,9	268,47	277,76	271,97	278,32	274,9
i8	182,61	276,48	290,69	283,95	287,15	285,63	286,35	286,01	286,17	286,09	286,13	286,11
i9	224,2	220,64	224,15	223,64	223,71	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7
i10	265,75	283,71	284,14	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1
i11	269,87	169,58	305,21	221,86	241,38	262,56	231,4	252,35	246,87	241,73	249,84	244,11
i12	26,4	215,88	222,46	221,76	232,17	240,32	251,31	260,86	270,78	279,96	289,17	298,14
i13	244,21	358,2	319,18	356,44	346,49	365,77	366,95	379,33	384,79	394,53	401,61	410,34
i14	54,49	259,24	261,32	261,48	260,57	261,14	261,09	260,91	261,05	261,02	260,99	261,02
i15	107,53	162,71	162,48	161,2	161,2	161,11	160,92	160,91	160,88	160,87	160,87	160,87
i16	260,48	266,98	265,19	264,83	264,76	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74
i17	152,17	271,97	182,31	212,76	228,63	202,55	216,07	217,01	210,25	215,17	214,29	212,79
i18	0	0	63,48	119,83	117,54	121,21	122,68	126,22	129,3	133,19	137,07	141,3
i19	129,985	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89
i20	96,76	131,3	127,49	132,93	133,15	136,32	137,81	140,26	142,16	144,37	146,41	148,55
i21	5,62	117,94	117,33	119,35	120,13	121,49	122,58	123,8	124,96	126,14	127,31	128,49
i22	14,23	145,16	144,44	144,66	144,6	144,62	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61
i23	0	40,96	65,33	59,28	66,93	65,09	63,15	64,91	64,7	64,14	64,53	64,53
i24	0	115,73	226,18	225,61	226,21	226,13	225,93	226,07	226,08	226,01	226,05	226,05
i25	129,54	147,24	151,07	149,22	149,21	149,5	149,41	149,4	149,42	149,41	149,41	149,41
i26	28,38	253,9	249,76	257,28	260,15	264,87	268,85	273,12	277,28	281,49	285,68	289,87
i27	0	101,63	113,44	112,72	115,72	117,41	119,56	121,54	123,59	125,61	127,64	129,66
i28	91,8	103,15	103,98	104,74	105,54	106,32	107,11	107,89	108,68	109,46	110,25	111,04
i29	139,14	155,43	111,99	153,38	119,56	130,65	133,02	114,18	127,23	114,4	114,76	116,26
i30	0	40,97	102,44	101,29	101,94	102,26	102,61	102,97	103,32	103,67	104,03	104,38
i31	0	1,65	86,92	89,48	90,46	91	92,25	93,38	94,31	95,36	96,42	97,44
i32	0	97,96	123,31	117,96	130,26	117,62	126,75	122,29	122,79	124,68	121,98	124,35
i33	23,83	80,2	83,77	82,88	83,73	83,92	84,36	84,71	85,09	85,45	85,82	86,19
i34	34,63	91,87	91,5	91,83	91,8	91,73	91,76	91,77	91,76	91,76	91,76	91,76
i35	65,39	83,62	87,13	86,69	88,94	90,78	92,3	94,1	95,79	97,47	99,19	100,89
i36	33,74	50,74	76,28	61,36	70,12	65,03	68,05	66,31	67,35	66,77	67,14	66,96
i37	0	14,61	98,67	82,63	101,31	86,83	104,21	90,71	107,25	94,57	110,29	98,42
i38	0	4,46	92,15	94,82	96,84	98,54	100,38	102,28	104,15	106,01	107,87	109,74
i39	0	0	74,82	83,23	85,98	87,94	90,1	92,27	94,41	96,56	98,71	100,86
i40	59,27	92,09	97,52	95,001	94,6	95,51	95,2	95,08	95,23	90,19	95,17	95,19
i41	0	69,23	74,83	74,55	74,51	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52	74,52
i42	11,9	100,11	91,31	93,25	93,07	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09	93,09
i43	57,05	101,16	100,3	100,77	100,51	100,65	100,58	100,62	100,6	100,61	100,6	100,6
i44	119,64	149,87	141,17	140,85	140,89	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9	140,9
i45	23,99	74,06	73,26	72,47	71,69	70,91	70,15	69,39	68,64	67,9	67,16	66,44
i46	0	24,61	64,59	66,26	67,1	68,13	69,21	70,25	71,3	72,35	73,4	74,44
i47	0	22,75	90,4	92,49	91,4	91,97	91,67	91,83	91,75	91,79	91,77	91,78
i48	0	0	0	0	0	0	9,66	33,1	32,96	32,85	31,98	31,59
i49	0	0	50,35	75,61	61,24	56,73	43,44	43,44	43,44	43,44	43,44	43,44
i50	0	0	19,21	40,94	38,27	39,81	38,95	39,44	39,16	39,32	39,23	39,28

Fuente: Elaboración Propia



INFORME ANUAL

Modelo Multiproducto

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	97
1.1 Objetivo	97
1.2 Requerimientos	97
2. Aplicación del Modelo	98
2.1 Instalación del Programa GAMS Studio	98
2.2 Ingreso de datos en excel	99
2.3 Ejecución del modelo	100
2.4 Resultados	101

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

Elaborar un instructivo que especifica paso a paso cómo funciona el Modelo Multiproducto, y que permita que cualquier persona que este encargado de la planificación en CASATEX pueda entender y ejecutarlo.

1.2 Responsable

Planificador de bodega del abastecimiento

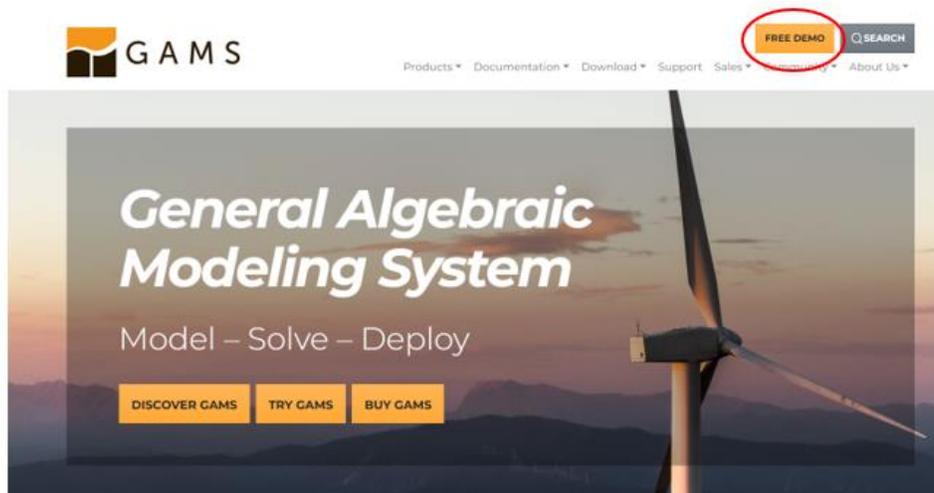
1.3 Requerimientos

- Microsoft Exel
- Software GAMS
- Conexión a Internet
- Código Multiproducto

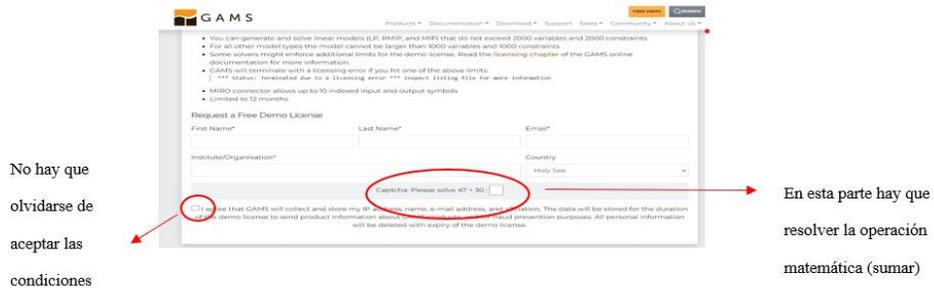
2. APLICACIÓN DEL MODELO

2.1 Instalación del Programa GAMS Studio

1. Buscar en el navegador de su preferencia el siguiente link www.gams.com, con el cual aparecerá la siguiente página.
2. Se da clic en la opción free demo.



Inmediatamente aparecerá una encuesta la cual se llena con los respectivos datos de la empresa.

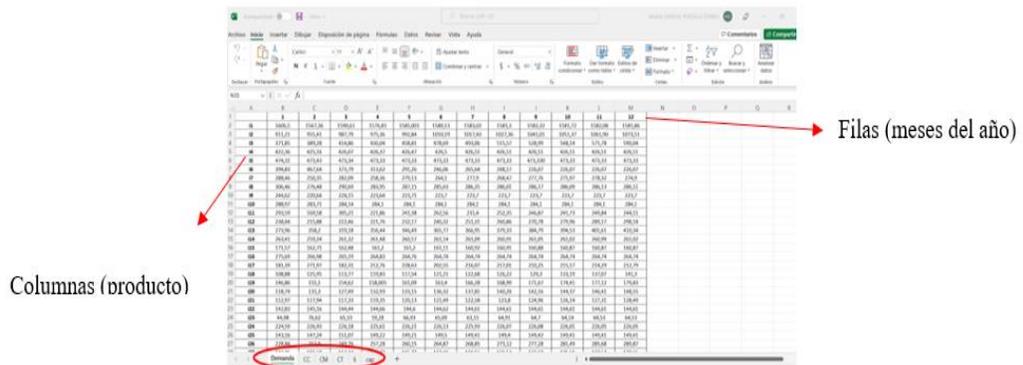


En este punto la página sugiere la compra del programa, ya que con el demo el software tiene algunas limitaciones.

Si no se realiza la compra del producto, es necesario realizar la descarga el demo del software.

2.2 Ingreso de datos en Exel

1. Para los datos se debe tener una base histórica de la demanda, de por lo menos de 3 años anteriores.
2. Para los costos de ordenar, de mantener inventario y de transporte se realiza el costo mes a mes.
3. Los datos se almacenan en Exel, por cada dato se crea una nueva hoja como se observa en la imagen.



El modelo es multiproducto esto se refiere para varios ítems, en el ejemplo este dato se lo coloca en las columnas como $i1$ el cual representa al hilo 1. En las filas en cambio son los meses del año desde el mes 1 hasta el mes 12.

2.3 Ejecución del modelo

Para ejecutar se necesita del código multiproducto, el cual es el siguiente

```

*MODELO DE PROGRAMACION MIXTA
*STIPES_MIP2**PRODUCTO
SETS i indice que identifica los productos /i1*i50/
    j indice que identifica el periodo/0*12/;
PARAMETER d(i,j)
    c(i,i)
    h(i,j)
    CT(i)
    inicial(i)
    cap(i);
$onEcho > tasks.txt
par=d rng=Demanda!A1 rdim=1 cdim=1
par=c rng=CC!A1 rdim=1 cdim=1
par=h rng=CM!A1 rdim=1 cdim=1
par=CT rng=CT!A1 rdim=1
par=inicial rng=I!A1 rdim=1
par=cap rng=cap!A1 rdim=1
$offEcho
scall gdxrw C:\Users\usuario\Documents\GAMS\Studio\workspace\Hilos.xlsx trace=4 @tasks.txt
SGDXIN Hilos.gdx
$Load d c h CT inicial cap
SGDXIN
PARAMETER
X /1000000/;
Variables
Z COSTO TOTAL OPTIMO DE ADQUISICION DEL PRODUCTO
X(i,j) CANTIDAD A ORDENAR
S(i,j) INVENTARIO FINAL
Y(i,j) VARIABLE BINARIA DE SI SE COMPRO O NO
;
Positive variables X,S;
Binary variables Y;
S.FX(I,"0")=inicial(i);
EQUATIONS costo, balanceinventarios(i,j), capacidad(i,j), balancebin(i,j);
Costo.. Z =e= sum((i,j),c(i,j)*X(i,j))+ sum((i,j)$ (ord(j)>1), h(i,j)*S(i,j))+sum((i,j),CT(i)*X
Balanceinventarios(i,j) $(ORD(j)>1)..S(i,j)=e= S(i,j-1)+x(i,j)-d(i,j);
capacidad(i,j).. x(i,j)$ (ORD(j)>1) =l=cap(i);
balancebin(i,j)..x(i,j) =l=M*Y(i,j);
MODEL Multiproducto /All/;
$onVE Multiproducto MIN Z USING MIP;
display X.1
execute_unload "c.gdx" X.1
execute 'gdxrw.exe c.gdx var= X.1 rng=pedidos!'

```

En la parte de SETS son los conjuntos el índice i muestra el número de productos en este caso los 50 productos, el conjunto va desde i1 hasta i50. Esto puede cambiarse depende del número de ítems que se tenga.

El índice j representa los meses, en este caso se coloca desde el 0 ya que se tiene inventario inicial y se termina con el mes 12, ya que se requiere las cantidades óptimas para el periodo de un año. Este dato también puede editarse para el tiempo que se necesite.

2.4 Resultados

Los resultados se muestran cuando se manda a correr el modelo. Existen dos maneras de obtener los resultados, la primera se obtiene a través de la interfaz de GAMS.

```

---- 41 VARIABLE X.L CANTIDAD A ORDENAR
1      2      3      4      5      6      7      8      9      10     11     12
i1 1606.500 1567.360 1590.610 1576.810 1555.001 1590.130 1593.020 1581.300 1592.320 1591.720 1592.090 1591.960
i2 716.660 895.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340 995.340
i3 296.590 389.200 414.860 430.040 458.810 478.690 493.060 515.570 528.990 548.140 571.780 590.040
i4 399.080 425.160 426.070 426.370 426.470 426.500 426.510 426.510 426.510 426.510 426.510 426.510
i5 474.310 473.430 473.340 473.330 473.330 473.330 473.330 473.330 473.330 473.330 473.330 473.330
i6 183.160 487.640 373.750 313.620 251.260 246.060 265.640 248.570 226.070 226.070 226.070 226.070
i7 278.030 250.350 282.090 288.360 279.130 264.100 277.900 268.470 277.760 271.970 278.320 274.900
i8 182.610 276.480 290.690 283.950 287.150 285.630 286.350 286.010 286.170 286.090 286.130 286.110
i9 224.200 220.640 224.150 223.640 223.710 223.700 223.700 223.700 223.700 223.700 223.700 223.700
i10 265.750 233.710 234.140 234.100 234.100 234.100 234.100 234.100 234.100 234.100 234.100 234.100
i11 269.870 169.580 305.210 221.860 241.380 262.560 231.400 252.350 246.370 241.790 249.840 244.110
i12 26.400 215.880 222.460 221.760 232.170 240.320 251.310 260.860 270.780 279.960 289.170 298.140
i13 244.210 389.200 319.150 356.440 346.490 365.770 366.950 379.330 384.790 394.530 401.610 410.340
i14 54.490 259.240 261.320 261.480 260.370 261.140 261.090 260.910 261.050 261.020 260.990 261.020
i15 107.530 162.710 162.480 161.200 161.200 161.110 160.920 160.910 160.880 160.870 160.870 160.870
i16 260.480 266.980 265.190 264.830 264.760 264.740 264.740 264.740 264.740 264.740 264.740 264.740
i17 152.170 271.970 182.310 210.760 228.630 202.550 216.070 217.010 210.250 215.170 214.290 212.790
i18 129.985 165.890 63.460 115.830 117.540 121.210 122.660 126.220 129.300 133.190 137.070 141.300
i19 129.985 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890 165.890
i20 96.760 131.300 127.490 132.930 133.150 136.320 137.810 140.260 142.160 144.370 146.410 148.550
i21 5.620 117.940 117.330 119.350 120.130 121.490 122.580 123.800 124.960 126.140 127.310 128.490
i22 14.230 149.160 144.440 144.660 144.600 144.620 144.610 144.610 144.610 144.610 144.610 144.610
i23 40.950 45.330 49.290 66.930 65.090 63.150 64.910 64.700 64.140 64.530 64.530 64.530
i24 115.730 226.180 205.610 226.210 226.190 226.190 226.930 226.070 226.090 226.010 226.050 226.050
i25 129.540 147.240 151.070 149.220 149.210 149.500 149.410 149.400 149.420 149.410 149.410 149.410
i26 28.380 253.900 249.760 257.280 260.150 264.870 268.850 273.120 277.280 281.490 285.660 289.970
i27 101.630 113.440 112.720 115.720 117.410 119.560 121.540 123.590 125.610 127.640 129.660 129.660
i28 91.800 103.150 103.980 104.740 105.540 106.320 107.110 107.890 108.680 109.460 110.250 111.040
i29 139.140 155.430 111.990 153.380 119.560 130.650 133.020 114.180 127.230 114.400 114.760 116.260
i30 40.970 102.440 101.290 101.940 102.260 102.610 102.970 103.320 103.670 104.030 104.380 104.380
i31 1.650 86.920 89.480 90.460 91.000 92.250 93.380 94.310 95.960 97.440 97.440 97.440
i32 97.950 123.310 117.960 130.260 117.620 126.750 122.290 120.790 124.660 121.980 124.350 124.350
i33 23.830 80.200 83.770 82.880 83.730 83.920 84.360 84.710 85.090 85.450 85.820 86.190
i34 34.630 91.870 91.500 91.830 91.800 91.730 91.760 91.770 91.760 91.760 91.760 91.760
i35 65.390 83.620 87.130 86.690 88.940 90.780 92.300 94.100 95.790 97.470 99.150 100.890
i36 33.740 50.740 76.280 61.360 70.120 65.030 66.050 66.310 67.350 66.770 67.140 66.960
i37 14.610 98.670 82.630 101.310 86.890 104.210 90.710 107.250 94.570 110.290 98.420 98.420
i38 4.460 92.150 94.820 96.840 98.540 100.380 102.280 104.150 106.010 107.870 109.740 109.740
i39 74.820 83.230 85.980 87.940 90.100 92.270 94.410 96.560 98.710 100.860 100.860 100.860
i40 59.270 92.090 97.520 95.001 94.690 95.510 95.200 95.080 95.230 95.190 95.170 95.190
i41 69.280 74.830 74.550 74.510 74.520 74.520 74.520 74.520 74.520 74.520 74.520 74.520
i42 11.900 100.110 91.310 93.250 93.070 93.090 93.090 93.090 93.090 93.090 93.090 93.090
i43 97.050 101.160 100.300 100.770 100.510 100.650 100.590 100.620 100.600 100.610 100.600 100.600
i44 119.640 149.870 141.170 140.850 140.890 140.900 140.900 140.900 140.900 140.900 140.900 140.900
i45 23.990 74.060 73.260 72.470 71.590 70.910 70.150 69.390 68.640 67.900 67.160 66.440
i46 24.610 64.590 66.260 67.100 68.130 69.210 70.250 71.300 72.350 73.400 74.440 74.440
i47 22.750 90.400 92.490 91.400 91.970 91.670 91.830 91.750 91.790 91.790 91.770 91.780
i48 50.350 75.610 61.240 56.730 9.660 33.100 32.960 32.850 31.950 31.990 31.990 31.990
i49 19.210 40.940 38.270 39.810 38.950 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440
i50 19.210 40.940 38.270 39.810 38.950 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440 39.440

```

La siguiente forma de conseguir los resultados es mediante el código que se encuentra en la última línea del código multiproducto, el cual nos ayuda a obtener los resultados en un documento de Exel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2	i1	1606,5	1567,36	1590,61	1576,81	1585,001	1580,13	1583,02	1581,3	1582,32	1581,72	1582,08	1581,86
3	i2	716,66	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34	995,34
4	i3	296,59	389,28	414,86	430,04	458,81	478,69	493,06	515,57	528,99	548,14	571,78	590,04
5	i4	399,08	425,16	426,07	426,37	426,47	426,5	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51	426,51
6	i5	474,31	473,43	473,34	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33	473,33
7	i6	183,16	467,64	373,79	313,62	291,26	246,06	265,64	248,57	226,07	226,07	226,07	226,07
8	i7	278,03	250,35	282,09	258,36	279,13	264,1	277,9	268,47	277,76	271,97	278,32	274,9
9	i8	182,61	276,48	290,69	283,95	287,15	285,63	286,35	286,01	286,17	286,09	286,13	286,11
10	i9	224,2	220,64	224,15	223,64	223,71	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7	223,7
11	i10	265,75	283,71	284,14	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1	284,1
12	i11	269,87	169,58	305,21	221,86	241,38	262,56	231,4	252,35	246,87	241,73	249,84	244,11
13	i12	26,4	215,88	222,46	221,76	232,17	240,32	251,31	260,86	270,78	279,96	289,17	298,14
14	i13	244,21	358,2	319,18	356,44	346,49	365,77	366,95	379,33	384,79	394,53	401,61	410,34
15	i14	54,49	259,24	261,32	261,48	260,57	261,14	261,09	260,91	261,05	261,02	260,99	261,02
16	i15	107,53	162,71	162,48	161,2	161,2	161,11	160,92	160,91	160,88	160,87	160,87	160,87
17	i16	260,48	266,98	265,19	264,83	264,76	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74	264,74
18	i17	152,17	271,97	182,31	212,76	228,63	202,55	216,07	217,01	210,25	215,17	214,29	212,79
19	i18			65,48	119,83	117,54	121,21	122,68	126,22	129,3	133,19	137,07	141,3
20	i19	129,985	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89
21	i20	96,76	131,3	127,49	132,93	133,15	136,32	137,81	140,26	142,16	144,37	146,41	148,55
22	i21	5,62	117,94	117,33	119,35	120,13	121,49	122,58	123,8	124,96	126,14	127,31	128,49
23	i22		14,23	145,16	144,44	144,66	144,6	144,62	144,61	144,61	144,61	144,61	144,61
24	i23		40,96	65,33	59,28	66,93	65,09	63,15	64,91	64,7	64,14	64,53	64,53
25	i24		115,73	226,18	225,61	226,21	226,13	225,93	226,07	226,08	226,01	226,05	226,05
26	i25	129,54	147,24	151,07	149,22	149,21	149,5	149,41	149,4	149,42	149,41	149,41	149,41
27	i26	28,38	253,9	249,76	257,28	260,15	264,87	268,85	273,12	277,28	281,49	285,68	289,87
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													