

Diseño de una propuesta de gestión de inventarios, para el control de los niveles *stock* y sus costos asociados aplicado a una empresa del sector químico.



Autores

Andrés Mauricio Sánchez Londoño

Sergio David Ortega Manrique

Tutor

Ray Alfredo Bello Dávila

Ing. Msc

**Universidad el Bosque
Especialización en Gerencia de Producción y Productividad
Bogotá, Colombia
2023**

Contenido

| | |
|--|----|
| Resumen | 7 |
| Palabras Clave | 7 |
| Introducción | 8 |
| 1. Formulación del proyecto | 10 |
| 1.1 Problema de investigación | 10 |
| 1.1.1 Identificación. | 10 |
| 1.1.2 Descripción. | 10 |
| 1.1.3 Planteamiento. | 11 |
| 1.2 Objetivos | 11 |
| 1.2.1. Objetivo General | 11 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 11 |
| 1.3. Justificación | 11 |
| 1.4. Metodología | 12 |
| 1.5. Alcances y Resultados | 14 |
| 2. Marco de referencia | 15 |
| 2.1 Antecedentes | 15 |
| 2.2. Marco Teórico | 16 |
| 2.1.1. Cadena de Valor | 16 |
| 2.1.2. Diagrama de Ishikawa | 16 |
| 2.1.3. Gráfica de Pareto | 16 |
| 2.1.4. Inventario | 17 |
| 2.1.5. Pronóstico de la demanda | 18 |
| 2.1.6. Costos de inventario | 20 |
| 2.1.7. Modelo de transporte | 21 |
| 2.1.8 Cantidad de Lote económico | 22 |
| 2.1.9 Tipos de modelos para tamaño de lote dinámico. | 22 |
| 2.1.10 Algoritmo de <i>Wagner-Whitin</i> | 23 |
| 2.1.11 Clasificación ABC | 24 |
| 3. Desarrollo objetivo 1 | 25 |
| Cadena de valor y estructura logística. | 25 |
| 4. Desarrollo Objetivo 2 | 31 |
| 4.1. Análisis y elección del modelo a trabajar | 31 |
| 4.2. Políticas y clasificación del inventario. | 33 |
| Clasificación ABC del inventario | 33 |
| 5. Desarrollo Objetivo 3 | 36 |
| 6. Conclusiones y recomendación | 40 |
| 6.1 Conclusiones | 40 |
| 6.2 Recomendaciones | 41 |
| Referencias | 42 |
| ANEXOS | 45 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ambiente común de un sistema de pronóstico. Fuente: (Guerreo Salas, 2011, p. 66) | 19 |
| Figura 2. Cadena de Distribución. Fuente: Elaboración Propia | 25 |
| Figura 3. Diagrama causal cadena de valor. Fuente: Elaboración Propia | 26 |
| Figura 4. Diagrama de Ishikawa comportamiento del inventario. Fuente: Elaboración Propia | 27 |
| Figura 5. Variación del inventario. Fuente: Elaboración Propia | 27 |
| Figura 6. Comportamiento del inventario por la línea de negocio. Fuente: Elaboración Propia | 28 |
| Figura 7. Distribución de inventarios 2022. Fuente: Elaboración Propia | 29 |
| Figura 8. Distribución de inventarios 2022. Fuente: Elaboración Propia | 29 |
| Figura 9. Tiempo de rotación de 2022. Fuente: Elaboración Propia | 30 |
| Figura 10. Clasificación ABC del inventario de producto terminado. Fuente: Elaboración Propia | 34 |
| Figura 11. Distribución de productos por clasificación ABC. Fuente: Elaboración Propia | 35 |
| Figura 12. Reducción de los costos del inventario por producto: Elaboración Propia | 39 |

Lista de ecuaciones

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo del inventario de <i>stock</i> de seguridad. (Torres García, 2020) | 17 |
| Ecuación 2. Determinación de rotación de inventarios | 17 |
| Ecuación 3. Suavizado exponencial doble. Fuente: (Minitab, 2021) | 19 |
| Ecuación 4 Modelo algoritmo <i>Wagner-Whitin</i> . Fuente: (Geo Tutoriales, 2016). | 24 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Metodología específica. Fuente elaboración Propia. | 13 |
| Tabla 2. Ventajas y desventajas de los modelos de Inventario. Fuente: Elaboración Propia | 33 |
| Tabla 3. Costo de mantener el inventario por periodo. Fuente: Elaboración Propia | 36 |
| Tabla 4. Costo por ordenar. Fuente: Elaboración Propia | 36 |
| Tabla 5. Determinación de <i>stock</i> de seguridad. Fuente: Elaboración Propia | 37 |
| Tabla 6. <i>Stock</i> de seguridad. Fuente: Elaboración Propia | 38 |
| Tabla 7. Resultados obtenidos. Fuente: Elaboración Propia | 38 |

Lista de Anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Clasificación ABC de los inventarios. | 45 |
| Anexo 2. Modelo de inventario <i>Wagner-Whitin</i> . | 47 |

Resumen

El proyecto planteado tiene como objetivo fundamental la evaluación y perfeccionamiento de la gestión de inventarios de Colombia Química SAS. Se enfoca en identificar sus necesidades a través de un análisis exhaustivo de datos, lo que permitirá el diseño y aplicación de estrategias específicas para optimizar tanto los costos como el control de los almacenes. Esta propuesta no solo servirá como una guía estratégica para Colombia Química SAS, sino que también jugará un papel crucial en la optimización de su cadena de suministro. En un mercado altamente desafiante y competitivo, lograr esta mejora es fundamental para mantener e incluso ampliar su ventaja competitiva en la industria química.

Una de las metodologías clave para este propósito es la clasificación ABC de inventarios, que categoriza los productos en función de su importancia para la empresa, y la implementación del modelo *Wagner-Whitin*. Este último modelo, junto con otras políticas de inventario, busca mejorar la estructura de costos, aspirando a una reducción teórica del 34% en los costos asociados al inventario de la empresa.

Palabras Clave

Gestión de inventarios, *Wagner-Whitin*, Productos químicos, Costos de inventario

Introducción

Ante mercados cada vez más exigentes y competitivos las empresas se enfrentan a una presión constante donde deben de someterse a reestructuraciones periódicas con el propósito de operar de maneras más ágiles y productivas; obligándose a aumentar los esfuerzos para lograr mantener o en el mejor de los casos reducir los costos de la operación buscando la optimización de los sistemas productivos, financieros, logísticos y de abastecimiento, En este contexto, resulta fundamental que las organizaciones adopten una mentalidad de mejora continua y estén dispuestas a innovar para alcanzar la excelencia operacional.

En lo relacionado al sistema de abastecimiento y logístico, el área de inventarios cobra una gran importancia, ya que su adecuada gestión y administración puede generar importantes beneficios económicos y mejorar la posición competitiva de las organizaciones, para lograr esto, es fundamental que exista un estrecha conexión y sinergia entre cada uno de los actores que participan en la toma de decisiones que pueden afectar los niveles de inventarios, su mantenimiento y disposición. Para ello es necesario contar con herramientas ofimáticas que permitan realizar un análisis oportuno de la información para evitar situaciones indeseadas, como tener demasiados productos en *stock* que no tiene rotación o tener productos agotados que presentan una alta demanda, en definitiva, la gestión efectiva de inventarios es una tarea crítica que puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de una organización en un entorno altamente competitivo.

El sector químico es un sector muy amplio y diverso que abarca una gran variedad de productos generando que el comportamiento y manejo de los inventarios sea algo complejo, sumado a esto se ha evidenciado una mayor volatilidad en la demanda y la oferta debido a factores macroeconómicos, como las fluctuaciones en los precios del petróleo, los cambios en las regulaciones gubernamentales y los acuerdos comerciales internacionales.

Según estudios realizados por la ANDI, en Colombia el sector químico cuenta con alrededor de 10.186 empresas que generan cerca de 246.00 empleos. Durante el año 2022, se registró un incremento del 15,6% de la industria del sector químico en comparación al año anterior, así como un aumento en las importaciones por valor de \$2530.6 millones de dólares (ANDI, 2022a, ANDI, 2022b).

Según el informe presentado por la Asociación Nacional de Empresarios en 2022, donde se entrevistaron a empresarios del sector, se evidenció que el 18,9% de los empresarios encuestados indicaron que sus inventarios se encontraban en niveles altos, traducido a un aumento del 17,1% (DANE, 2022) respecto al 2021, algunos indican que esto es consecuencia de los síntomas de recesión económica y la incertidumbre presente en el mundo, todos estos factores ocasionan una variación importante en los comportamientos de la demanda, estas fluctuaciones en la demanda son una realidad con la que las empresas deben lidiar constantemente, y para ello es crucial la toma de decisiones oportunas en cuanto al manejo de los inventarios, saber qué pedir en qué momento pedir y en qué cantidades hacerlo. En este sentido, resulta de vital importancia que se implemente un sistema de gestión de inventarios adecuado que permita pronosticar y minimizar los costos.

En el presente proyecto se buscará conocer como la empresa Colombia Química SAS les da manejo a sus inventarios, cuáles son sus políticas, y costos relevantes asociados al inventario, para lograr generar alternativas que puedan ayudar a la organización a mejorar sus indicadores y manejo de los inventarios.

Se iniciará con un diagnóstico del modelo actual con el apoyo de herramientas y técnicas de recolección de información y análisis de datos buscando identificar las necesidades y oportunidades de mejora para empresa, para ello se realizarán comparaciones con modelos y métodos de gestión

de inventario y costeo existente, a partir del análisis realizado se formulará una propuesta que permita mejoras en el manejo y control de inventarios logrando una mayor eficiencia y un máximo de aprovechamiento de los recursos.

1. Formulación del proyecto

Mediante el siguiente trabajo de investigación que se desarrollará en la organización Colombia Química SAS, se espera identificar la problemática actual en el área de aprovisionamiento y almacén, comprender su estructura en términos de gestión y control de los niveles de inventario y sus costos asociados. Entendiendo su configuración e integración de las diferentes áreas de la organización para la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento, lo que permitirá generar propuestas de mejora.

Para estructurar adecuadamente el desarrollo del proyecto, se comenzará por una contextualización del problema, seguido del planteamiento de los objetivos, la justificación del problema expuesto y la metodología a desarrollar; a través de esta, se definirán los pasos para abordar la problemática planteada.

1.1 Problema de investigación

El proyecto de investigación se enfocará en el desarrollo de estrategias apropiadas para la empresa Colombia Química SAS en lo que respecta a la gestión y control de sus inventarios y los costos relacionados, haciendo uso de metodologías necesarias para el costeo y manejo de inventarios. Estas estrategias se plasmarán en una propuesta que servirá como guía para la posterior implementación del proyecto

1.1.1 Identificación.

Colombia Química SAS, es una empresa con una amplia trayectoria y experiencia de más de 55 años en la distribución de productos químicos, con presencia en sectores *food & pharma, feed* e industrial a nivel latinoamericano, cuenta con sedes en Brasil, Perú, Colombia y Argentina, además cuenta con una oficina de negociación en Hong Kong lo que le permite potenciar las transacciones de compra a nivel global (Colombia Química SAS, 2023).

La empresa ha experimentado un crecimiento en los niveles de su inventario debido a la baja rotación de algunos de sus productos. Estos productos han permanecido almacenados por más de 7 meses, lo que dificulta su venta debido a que algunos se encuentran cerca de su límite de vida útil. Esta situación ha llevado a un aumento en los costos asociados al inventario y a la disminución del espacio disponible para almacenar los productos, por lo que la empresa se ha visto en la necesidad de alquilar espacios adicionales para el almacenamiento lo que ha ocasionado un incremento en los costos de inventario (Colombia Química SAS, 2023).

1.1.2 Descripción.

Colombia Química SAS inicia sus operaciones en Colombia en el año 2008 con la puesta en marcha de dos plantas de dilución de peróxido de hidrógeno en Medellín y Mosquera además de la apertura de centros de distribución ubicados en Mosquera, Medellín, Cali y Cartagena lo que permite atender un gran variedad de empresas en el territorio nacional, con una ventaja competitiva en la distribución de este producto y de otros que complementan su portafolio, que cuenta con alrededor de unos 70 productos, usados como materia prima en diferentes sectores de la industria como textiles, flores, cárnicos, panificación, pulpa de papel, detergentes, alimentos, entre otros. Con un estimado de 13.000 toneladas de producto distribuido anualmente (Colombia Química SAS, 2023).

Actualmente, los métodos utilizados en la empresa para estimar las necesidades y cantidades requeridas son adecuados para cumplir con las políticas y condiciones organizacionales y asegurar que haya suficiente abastecimiento para satisfacer las demandas del mercado. Estos criterios de suministro buscan integrar, en algún grado las áreas que tienen influencia en la toma de decisiones. Sin embargo, la falta de comunicación entre ellas resulta en estimaciones y requerimientos poco objetivos y claros, esto se debe a que no se establecen criterios comunes ni se utiliza un enfoque unificado para optimizar los costos asociados.

Por lo tanto, surge entonces la necesidad de crear un plan para abordar esta problemática que busque dar respuesta a las preguntas ¿Cuándo se debe pedir?, ¿Qué cantidad se debe Pedir de cada artículo?, ¿Cuál es el tiempo de rotación de los productos?, estos interrogantes deben ser capaces de ser resueltos teniendo en cuenta las particularidades que presenta cada uno de los artículos

1.1.3 Planteamiento.

- ¿Cómo elaborar una propuesta de modelo de gestión de inventarios que posibilite un control de los niveles de *stock* y, como resultado, una reducción de los costos asociados?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Formular una propuesta de modelo de gestión de inventarios que permita un control de los niveles de *stock* y una reducción de los costos asociados.

1.2.2. Objetivos específicos (diagnosticar los niveles de inventario y los costos asociados)

- Diagnosticar la situación actual mediante la recolección de información a través de un análisis de sus inventarios y sus costos asociados.
- Establecer un modelo de gestión de inventarios respaldado por herramientas de ingeniería, que se acople a las políticas organizacionales.
- Definir la propuesta de gestión de inventarios, realizando una comparación de los costos actuales contra los de la propuesta.

1.3. Justificación

Las causas fundamentales que originan la necesidad del mantenimiento de inventarios en cualquier empresa son las fluctuaciones aleatorias de la demanda y los tiempos de reposición, Para la empresa Colombia Química SAS, los inventarios representan una inversión importante de recursos financieros y las decisiones relacionadas con la gestión de inventarios son cruciales ya que pueden tener un impacto significativo en los resultados de la empresa (Salas, 2011). Una gestión efectiva de inventarios puede ayudar a la empresa a reducir los costos de almacenamiento y mejorar la eficiencia operativa, lo que a su vez puede aumentar la rentabilidad.

Por lo tanto, es importante que la empresa implemente un sistema de gestión de inventarios confiable y adopte modelos que le permitan enfocar los recursos en los artículos más importantes. De esta manera, la empresa puede tomar decisiones informadas sobre la cantidad de inventario que debe mantener en *stock* y garantizar un equilibrio adecuado entre los costos y los beneficios (Madiedo, 2016).

La intención de este proyecto es lograr determinar un modelo de gestión de inventarios estructurado según las necesidades de la empresa Colombia Química SAS basado en información de la demanda, los costos asociados, en función de las cantidades y el punto de reorden donde se

genere una propuesta que garantizará el costo óptimo sin dejar de atender las políticas de abastecimiento.

1.4. Metodología

En este apartado se detalla la metodología a seguir para solucionar la pregunta de investigación y por ende alcanzar los objetivos expuestos anteriormente. El problema se centra en los altos costos y niveles de *stock* de inventario de la empresa Colombia Química SAS. Para obtener un modelo de gestión de inventarios que se acople a las necesidades de la empresa, no se puede basar el modelo de compras por medio de modelos heurísticos, ya que estos se limitan a cumplir con tener un *stock* de producto, lo que puede generar que se compre mayores cantidades a las requeridas, por consiguiente, los niveles de inventario y los tiempos de rotación van a incrementar.

De este modo es necesario establecer una propuesta de modelos de gestión de inventarios que permita dar un tratamiento a las actividades de compra, proyección de la venta, punto de reorden basados en modelos de gestión de inventario que permitan dar un mejor control a los inventarios y un mejor aprovechamiento del recurso económico.

Para desarrollar los objetivos se establece una metodología descriptiva de enfoque mixto, basados en un investigación documental y de campo, donde se han establecido 3 etapas que serán la guía para alcanzar el desarrollo de la propuesta tal como se ilustra en la tabla 1, dentro de este marco se parte de un diagnóstico del modelo actual de los inventarios, niveles y costos, constituyendo la etapa I, para la etapa II, se establece una investigación y selección de los diferentes modelos de inventario y costeo de los mismos, que se adecuan a las políticas y características de la empresa y finalmente para la etapa III, se realizará la propuesta y una evaluación de los costos y beneficios comparado con los costos actuales para determinar la viabilidad (Arias, 2012).

La ejecución de esta metodología permitirá diseñar una propuesta de modelo de gestión de inventarios que proporcione un control de los niveles de inventarios y costos asociados, para así establecer una serie de parámetros que permita contar con herramientas ofimáticas para la toma de decisiones referente a la compra y mantenimiento de los inventarios.

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | PASOS METODOLÓGICOS | RESULTADOS ESPERADOS |
|--|--|--|--|
| <p>Diagnosticar la situación actual del modelo de inventario a través del análisis de los costos y niveles de inventario, con el fin de identificar los procesos claves asociados.</p> | <p>Realizar el diagnóstico actual del modelo de inventarios de la empresa.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Recolectar la información ● Clasificar y organizar la información ● Analizar los datos recolectados por programas como power bi y excel. ● Determinar los procesos claves con la cadena de valor y los datos cuantitativos. | <p>Conocer la situación actual de la empresa de manera cuantitativa, identificando los procesos claves</p> |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Investigar y seleccionar el modelo de gestión de inventarios adecuado, apoyado en herramientas de ingeniería, para garantizar un control eficiente de los niveles de inventario | Llevar a cabo la investigación de diferentes modelos de gestión de inventario, y seleccionar el más acorde a las necesidades de la empresa identificadas en la etapa I. | <ul style="list-style-type: none"> ● Consultar en papers, modelos de gestión de inventario. ● Seleccionar el modelo de gestión de inventarios. ● Identificar las políticas actuales del inventario. ● Clasificar el inventario actual de la organización. | Desarrollar un comparativo de los modelos de inventarios, seleccionar el modelo a trabajar y realizar la clasificación del inventario. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los costos y beneficios de la propuesta de gestión de inventarios, mediante una comparación de los costos actuales contra los de la propuesta, para determinar la viabilidad de la propuesta | Elaborar la propuesta del modelo de gestión de inventario y evaluar los costos de la misma. | <ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollar la propuesta de modelo de gestión de inventario ● Realizar las pruebas de aplicabilidad del modelo de manera teórica. ● Comparar los costos y beneficios actuales contra los de la propuesta. | Propuesta de modelo de gestión de inventario que se acople a las necesidades de la empresa y permita controlar el nivel de <i>stock</i> y por ende los costos asociados. |

Tabla 1. Metodología específica . Fuente elaboración Propia.

Metodología específica

Etapa I. Diagnóstico actual del modelo de inventario de la empresa.

En esta primera etapa se revisa la información referente a los inventarios, costos, productos, proveedores, lead time, tiempos de rotación. Adicionalmente se revisa a nivel general la cadena de suministro de Colombia Química SAS, y cuáles son las funciones de las diferentes áreas para identificar y comprender como es el manejo actual del modelo de inventarios.

La información es suministrada por la empresa, y se trabaja bajo los permisos de confidencialidad concedidos por los mismos. Seguido a la recolección de la información se procede a organizar y analizarla para poder determinar los procesos claves de la cadena de valor y los datos cuantitativos que soporten la problemática establecida.

Etapa II. Investigación y selección de modelos de inventario.

Luego de finalizar la etapa I, se procede a realizar la búsqueda de los diferentes modelos de manejo de inventario que se acoplan a los requerimientos de la empresa, su búsqueda se lleva a cabo en diferentes bases de datos, posteriormente se realiza un comparativo entre los diferentes modelos, seleccionando el modelo a trabajar basado en las políticas actuales que tiene la compañía, finalizando con la clasificación del inventario.

Etapa III. Evaluación de costos y beneficios de la propuesta comparados con los actuales.

En la etapa III se procede a la elaboración de la propuesta, empleando el modelo seleccionado. En esta fase, se proponen nuevas políticas de gestión de inventarios, se efectúa la estimación de los costos relacionados con el modelo propuesto y finalmente, se lleva a cabo una comparación teórica entre los costos determinados y los obtenidos mediante la propuesta elaborada.

1.5. Alcances y Resultados

El alcance de este proyecto está dirigido a la formulación de una propuesta de modelo de gestión inventarios que contribuya al control de los niveles inventario y reducción de los costos asociados, para una empresa del sector químico, que por confidencialidad se le asigno el nombre de Colombia Química SAS. La implementación estará sujeta a la decisión por parte de la organización.

Limitación

La empresa estudiada requiere un alto nivel de confidencialidad, lo que implica no revelar su nombre ni los nombres de los productos que serán analizados. Para cumplir con esta exigencia, se ha establecido un nombre ficticio, "Colombia Química SAS", y se han asignado códigos a los productos.

Delimitación

Conceptual

En el desarrollo del proyecto se usan conceptos de modelos de inventarios, costos, niveles de *stock*, planeación de la demanda, proyecciones entre otros, los cuales están relacionados a la reducción de los niveles de *stock* y costos de inventarios, que permitirán desarrollar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, el cual será el punto de partida para desarrollar cada uno de los objetivos descritos anteriormente.

Geográfica

Colombia Química SAS, es una empresa que cuenta con un alcance a nivel nacional, contando con centros de distribución en la principal ciudad del país como los son Bogotá, Medellín, Cali, y Cartagena, y dos plantas propias en Bogotá y Medellín.

Cronológica

El presente proyecto está establecido para desarrollarse en desde el mes marzo a noviembre del año 2023.

2. Marco de referencia

2.1 Antecedentes

Con el objetivo de optimizar los procedimientos de adquisición y gestión de inventarios, se han llevado a cabo numerosas investigaciones que han aplicado herramientas de ingeniería para mejorar este proceso. Cada una de estas aplicaciones se ha adaptado a las necesidades específicas de cada empresa, teniendo en cuenta las variaciones que puedan surgir según el comportamiento de la demanda, la diversidad de productos ofrecidos, el tamaño y características de los clientes y proveedores, y las limitaciones operativas particulares. A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones destacadas que se han documentado en la literatura nacional e internacional y que han servido de base para este estudio:

En el estudio de caso, Correa (2010), expone la problemática en la rotación de los tambores de almacenamiento y en los controles de inventario. Para abordar estas deficiencias, implementaron el método PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas), que establece que los primeros productos adquiridos o almacenados deben ser los primeros en utilizarse o venderse. Los resultados mostraron la importancia de una gestión adecuada de inventarios y la aplicación del método PEPS, logrando priorizar los primeros lotes de cada producto y establecer sistemas de rotación para los productos de baja rotación. Esto se basó en información recopilada en la base de datos logística que permitió una mejor utilización de los tambores de almacenamiento.

Como señala Garzón (2018), en su estudio se aborda el desafío de la gestión eficiente de inventarios en un entorno competitivo, destacando que una mala gestión puede afectar los procesos y la rentabilidad de las empresas, realizando investigación de teorías, métodos y modelos de inventarios y como reducir costos y lograr un nivel de servicio óptimo, como resultado obtuvo el desarrollo de una propuesta de modelo para la gestión y control de inventarios en una pequeña y mediana empresa (pyme) comercializadora, específicamente en la Distribuidora Tropiclima S.A.S. El modelo incluye la jerarquización de productos estratégicos, el análisis de la demanda basado en datos históricos y conocimientos expertos, la consideración de costos y tiempos de entrega, la selección de políticas de control de inventario y la evaluación del desempeño a través de simulaciones. El propósito es generar información para respaldar la toma de decisiones relacionadas con la gestión de inventarios.

Según lo estudiado por Madiedo (2016), se destaca el impacto positivo de los modelos de cantidad económica del pedido en la gestión de inventarios de las empresas, como resultado a su investigación, desarrolló un modelo personalizado basado en las necesidades y posibilidades actuales. El modelo consideraba el costo del pedido, mantenimiento y pérdida de inventario, teniendo en cuenta que la demanda de los artículos es estocástica. Al comparar los resultados con la política de inventarios que llevaba la empresa, se demuestra que esta nueva alternativa genera ahorros significativos. Este trabajo influyó en gran medida el trabajo que se está desarrollando ya que fue aplicado en el sector de interés y presenta similitud en los requerimientos y necesidades de la empresa.

Por su parte el trabajo realizado por Melo (2022) desarrollado para la empresa minera caldas Gold donde se analizó el proceso de gestión de inventarios en el departamento de Q&HS identificando aspectos favorables y desfavorables que presentaba el manejo de inventarios actual de la organización. Con base en esta información, se desarrolló un nuevo sistema de gestión de inventarios que brindó un mayor control sobre los pedidos, la llegada y salida de elementos de seguridad para los trabajadores. El sistema incluyó el análisis de las unidades a pedir, el punto de

pedido óptimo considerando el lead time, y una base de datos para el control de llegada, registro y salida de elementos de protección personal. Además, se sugieren medidas de desempeño para evaluar la mejora en el control de inventarios una vez implementado el sistema

2.2. Marco Teórico

2.1.1. Cadena de Valor

El sistema de actuación empresarial se centra en transformar los recursos en bienes y servicios para los consumidores, con el objetivo de agregar valor mediante la creación de resultados que generen un valor adicional a los insumos. La ventaja competitiva, desarrollada por expertos en economía empresarial, se basa en la capacidad de una empresa para expandir sus recursos y actividades de valor de manera superior a sus competidores. Para aumentar el valor, es crucial producir eficientemente a costos más bajos que los competidores y crear una percepción de mayor valor en los compradores en comparación con los competidores en el mismo sector. Además, se considera la competencia dentro de una industria o sector económico como parte del análisis empresarial (Sánchez et al., 2019).

2.1.2. Diagrama de Ishikawa

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagramas causa-efecto, fueron desarrollados por Ishikawa en los años cincuenta como una herramienta para el control de calidad. Estos diagramas ayudan a identificar las causas que contribuyen a un efecto no deseado, representado como la "cabeza del pescado", mientras que las causas se visualizan como las "espinas" que se conectan a la cabeza. Las causas se clasifican en categorías principales, como factores humanos, máquinas, métodos, materiales, medio ambiente y administración. Los diagramas de pescado son ampliamente utilizados en los círculos de calidad japoneses. Estos diagramas pueden ayudar a identificar soluciones potenciales y proporcionar una visión completa del problema y sus factores contribuyentes (Niebel & Freivalds, 2009).

El diagrama permitirá visualizar y analizar las posibles causas en los excesos o escasez de *stock*, obsolescencia, errores en el registro de inventario, entre otros, en las espinas principales del diagrama se incluirán categorías como la demanda impredecible, problemas en los sistemas de gestión de inventario, falta de coordinación entre departamentos, problemas en el abastecimiento de proveedores, inadecuada planificación, entre otros.

2.1.3. Gráfica de Pareto

El análisis de Pareto consiste en identificar y medir los artículos de interés utilizando una escala común, para luego ordenarlos de forma descendente en una distribución acumulativa, utilizando el análisis de Pareto y la regla 80-20. Según esta regla, el 20% de los artículos de inventario suelen representar el 80% o más de la actividad total. Esto significa que una minoría de productos o materiales son responsables de la mayor parte de las ventas o del valor del inventario (Niebel & Freivalds, 2009).

En base a esta información, se puede gestionar de manera más eficiente ese 20% de artículos de alto impacto, se puede garantizar un adecuado abastecimiento de dichos productos, generar un mayor control y realizar un seguimiento constante de su demanda para evitar escasez o exceso de *stock*. Al priorizar estos artículos, se puede lograr una mejor gestión de los recursos y evitar costos innecesarios asociados al inventario

2.1.4. Inventario

Un inventario es una lista de los bienes disponibles, organizados por familias y categorías, y según su ubicación (Arenal , 2020).

- **Inventario de *stock***

Es el conjunto de existencias almacenadas en la empresa hasta su uso o venta. Consiste en los productos, materiales o componentes que la empresa ha adquirido y que se encuentran en sus instalaciones, listos para ser utilizados en el proceso de producción o comercializados a los clientes (Arenal , 2020).

- **Inventario de *stock* de seguridad**

El *stock* de seguridad consiste en mantener un inventario de productos o ítems, con el propósito de prevenir situaciones de agotamiento de *stock* causadas por eventos fuera del control de la organización. De esta manera, se garantiza que los clientes no se vean afectados por posibles contratiempos (Torres García, 2020).

$$SS = (PME - PE) \cdot DM$$

Ecuación 1. Cálculo del inventario de stock de seguridad. (Torres García, 2020)

Donde

SS= *stock* de seguridad

PME = periodo máximo de entrega

PE = periodo normal de entrega

DM= Demanda Media

- **Punto de reorden**

El punto de reorden indica la cantidad mínima que debe tener un producto, insumo, materia prima, etc. Para que se genere la nueva orden de compra este cálculo tiene en cuenta los tiempos de entrega del proveedor y el *stock* mínimo de inventario para que se garantice un flujo ininterrumpido de la materia prima, o insumo que se esté analizando (Levy, 2005).

- **Tiempo de entrega (lead time)**

De acuerdo con el instituto *KAIZEN*, el *lead time* se define como el tiempo desde que se monta la orden de compra hasta que el proveedor entrega el producto pactado (López, 2016).

- **Rotación de inventario**

La rotación de inventarios es un indicador financiero utilizado para evaluar la eficiencia con la que una empresa administra su inventario. Mide la cantidad de veces que el inventario de una empresa se vende y se reemplaza en un período determinado, generalmente durante un año.

La fórmula básica para calcular la rotación de inventarios es:

$$\text{Rotación de inventarios} = \text{Costo de bienes vendidos} / \text{Promedio de inventario}$$

Ecuación 2. Determinación de rotación de inventarios

El "Costo de bienes vendidos" se refiere al costo total de los productos que una empresa ha vendido durante un período determinado. El "Promedio de inventario" se calcula sumando el inventario inicial y el inventario final de un período y dividiendo el resultado por dos (Villón, 2021).

Un resultado alto en la rotación de inventarios generalmente se considera favorable, ya que indica que la empresa está vendiendo rápidamente su inventario y generando ingresos. Por otro lado, una rotación de inventarios baja puede indicar que la empresa tiene un exceso de inventario o que sus productos no se están vendiendo con la suficiente rapidez (Villón, 2021).

Es importante tener en cuenta que la rotación de inventarios puede variar según la industria y el tipo de producto. Por ejemplo, las empresas minoristas suelen tener una rotación de inventarios más alta que las empresas manufactureras, ya que venden productos de manera más rápida. Además, las empresas con productos perecederos o de temporada pueden tener una rotación de inventarios más alta en determinados períodos (Villón, 2021).

El seguimiento regular de la rotación de inventarios puede ayudar a las empresas a identificar problemas en su gestión de inventario, ajustar las compras y las estrategias de ventas, y mejorar la eficiencia operativa en general.

- **Modelo ABC – XYZ**

La clasificación ABC y XYZ es un método de gestión de inventarios que se utiliza para identificar y clasificar los artículos en función de su importancia y demanda. La clasificación ABC divide los artículos en tres categorías en función de su valor, mientras que la clasificación XYZ los divide en tres categorías en función de su demanda (Garzón, 2018).

El modelo de clasificación ABC se basa en la idea de que no todos los artículos tienen el mismo valor o importancia para la empresa. Los artículos de alta prioridad, que tienen un valor más alto, se clasifican en la categoría "A". Los artículos de valor intermedio se clasifican en la categoría "B", mientras que los artículos de menor valor se clasifican en la categoría "C". Este modelo se utiliza para asegurar que los recursos y el tiempo se asignen adecuadamente a los artículos más importantes (Garzón, 2018).

Por otro lado, la clasificación XYZ se basa en la idea de que los artículos tienen diferentes niveles de demanda. Los artículos con una demanda constante se clasifican como "X". Los artículos que tienen una demanda intermitente se clasifican como "Y", mientras que los artículos que tienen una demanda muy baja o estacional se clasifican como "Z". Este modelo se utiliza para optimizar la gestión de inventarios y asegurar que se tenga suficiente *stock* de los artículos que se venden con mayor frecuencia (Garzón, 2018).

En conjunto, la clasificación ABC y XYZ es una herramienta útil para la gestión de inventarios ya que permite la identificación de los artículos críticos, reducir los costos de inventario y mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios.

2.1.5. Pronóstico de la demanda

La clasificación general de los modelos de inventarios depende del tipo de demanda que tenga el artículo. La demanda puede ser determinística que hace referencia a una demanda constante y predecible, por otro lado, está la demanda probabilística que hace referencia a una demanda aleatoria y variable. Para las demandas determinísticas se pueden usar modelos de gestión de inventarios

como el EOQ y para demandas aleatorias se pueden usar modelos como punto reorden (Holguín, 2010).

Los pronósticos son una variable de interés para las organizaciones y un elemento clave para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos ya que permite el mejoramiento de la gestión de inventarios, la toma de decisiones y competitividad, existen varias técnicas para realizar los pronósticos de la demanda, cada una de ellas cuentan con sus características propias y factores que afectan la precisión de los mismos, hay que tener como primicia que los pronósticos de demanda siempre estarán errados, ya que se está tratando de predecir el futuro, para ello es importante comprender los componentes de error del pronóstico para lograr responder a ellos de manera acertada, cabe aclarar que los errores en los pronósticos proveen información necesaria para lograr estimar la variabilidad de la demanda, el *stock* de seguridad adecuado, conveniencia del modelo o su posible actualización de parámetros (Holguín, 2010).

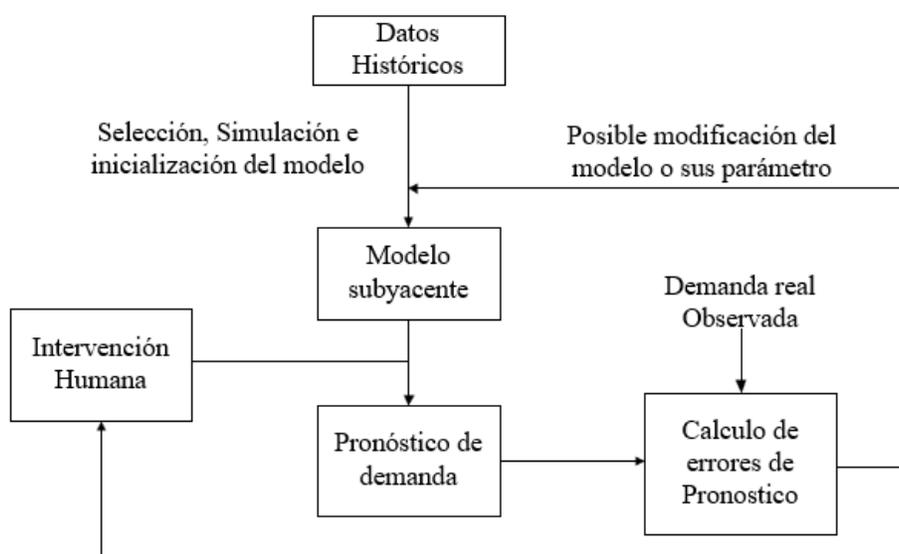


Figura 1. Ambiente común de un sistema de pronóstico. Fuente: (Guerreo Salas, 2011, p. 66)

- **Pronóstico de modelo Móvil simple**

El promedio móvil simple es una técnica de análisis de series de tiempo que suaviza los datos históricos calculando el promedio de los últimos periodos y proyectando el último valor promedio hacia delante. Este método es el mejor para datos volátiles sin tendencia ni estacionalidad (Oracle Help Center, 2015).

- **Suavizado exponencial doble (DES)**

Esta técnica de pronóstico de demanda también es conocido como el método Holt y consta en aplicar dos veces un suavizado exponencial simple (SES), primero a los datos originales, y seguido a esto se vuelve aplicar a los datos resultantes, para la aplicación en los datos resultantes se puede asumir un parámetro diferente, este método es el mejor cuando se presenten datos con una tendencia, pero sin estacionalidad (Oracle Help Center, 2015).

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)[L_{t-1} + T_{t-1}]$$

$$T_t = \gamma[L_t - L_{t-1}] + (1 - \gamma)T_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t = L_{t-1} + T_{t-1}$$

Ecuación 3. Suavizado exponencial doble. Fuente: (Minitab, 2021)

Donde,

L_t = El nivel en el tiempo t

α = La ponderación del nivel

T_t = La tendencia en el tiempo t

γ = La ponderación para la tendencia

Y_t = El valor de los datos en el tiempo t

\hat{Y}_t = El valor ajustado o el pronóstico para un paso adelante del tiempo t

2.1.6. Costos de inventario

La variable de costos cobra gran importancia en los modelos de gestión de inventarios. Dentro de este rubro, existen una gran variedad de costos asociados a los inventarios, por lo que es necesario buscar un equilibrio en cada uno de ellos para evitar que el valor del inventario o su mantenimiento se disparan al alza. Es fundamental considerar no solo el costo de adquisición del inventario, sino también el costo de almacenamiento, el costo de agotamiento de *stock*, el costo de la rotura de *stock* y otros costos asociados. La gestión adecuada de estos costos puede permitir una gestión de inventarios más efectiva y rentable en la empresa (Garzón, 2018).

- **Costo de adquisición**

Dentro de este rubro de costos se tiene en cuenta todos aquellos costos relacionados con la adquisición de las mercancías que incluye los descuentos, gastos de seguros de fabricantes y cualquier otro gasto de derechos de aduana (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costos de mantener el inventario**

Son todos aquellos costos asociados aquellas actividades destinadas a mantener o administrar los inventarios los cuales incluyen los siguientes costos asociados (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costo de oportunidad financiera**

Hace referencia a todos aquellos costos en los cuales se incurre por la inmovilización del inventario almacenado, este valor se obtiene al multiplicar el valor promedio del inventario por la tasa de interés vigente, esta es la tasa que el sistema financiero está pagando (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costos por deterioro**

Este tipo de costo tiene relación a la pérdida de valor o calidad de los productos o bienes que se encuentran almacenados, los factores de deterioro de un producto están asociados con la expiración de la fecha de vencimiento, daños físicos en el empaque o producto durante el transporte o almacenamiento, cambio de demanda donde la tendencia del mercado cambia y hace que un producto se vuelva obsoleto, factores ambientales como humedad temperatura, exposición a la luz o exposición a agentes químicos que pueden afectar calidad de los productos (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costos de operación por gestión de *stocks***

Son aquellos costos relacionados a todas aquellas actividades necesarias para mantener el inventario en los almacenes o espacios destinados al almacenamiento, dentro de estos costos encontramos el alquiler o depreciación de los espacios destinados al almacenamiento, pago de trabajadores encargados de almacenes o aquellos que usan algún equipo para mover los productos dentro la bodega, mantenimientos, reparaciones o limpieza de los almacenes, seguros para proteger el inventarios contra daños, robos incendios u algún otro tipo de riesgo y costos de oportunidad que representan los ingresos que la organización deja de percibir si hubiese invertido el dinero en otra inversión rentable (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costos de transporte**

Estos costos dentro de la organización se perciben más como gastos de distribución, ya que tiene injerencia en todas aquellas actividades que realiza la organización para hacer llegar el producto a sus centros de distribución (Universidad América Latina, s. f.).

- **Costos de ordenar**

Los costos de ordenar están relacionados a todas aquellas actividades que incurre la organización para la preparación o realización de pedidos que se realizan a los proveedores para reponer el inventario (Trujillo et al., 2017).

- **Costos por escasez en inventario**

Son todos los costos en los que se incurre si un producto no se encuentra disponible o no existe el suficiente para cumplir la demanda del cliente (Trujillo et al., 2017).

2.1.7. Modelo de transporte

El modelo de transporte es una técnica utilizada en la optimización de la logística y la distribución de bienes. Consiste en asignar productos desde una serie de orígenes (como fábricas o centros de distribución) a una serie de destinos (como almacenes o clientes) de manera eficiente y al menor costo posible. El objetivo principal es minimizar los costos de transporte mientras se satisfacen las demandas de los destinos y se respetan las capacidades de los orígenes y los medios de transporte disponibles, en el modelo de transporte, se consideran variables como los costos de

transporte entre cada origen y destino, las cantidades de productos a asignar y las restricciones de oferta y demanda. Se busca encontrar una solución óptima que determine cómo asignar los productos de manera que se minimicen los costos totales de transporte. Esto se logra mediante métodos matemáticos como el método del costo mínimo, el método de la esquina noroeste o el método de la asignación de Vogel, entre otros (Romero, 2019).

1.1.8 Cantidad de Lote económico

El tamaño del lote económico es un concepto clave en la gestión de inventarios, y hace referencia a la cantidad óptima de unidades de un producto que una empresa debe ordenar en cada ciclo de reposición, con el objetivo de minimizar los costos totales asociados al inventario. En 1913 Wilson Harris desarrolló la fórmula clásica del lote económico y postuló que los costos de mantener inventario deben equilibrar cuidadosamente con los costos de realizar pedidos, Esto permite el equilibrio y optimización del inventario, evitando la escasez y el exceso de inventario, lo que podría dar lugar a costos adicionales.

A lo largo del tiempo, la teoría del lote económico ha evolucionado, y se han desarrollado diversas variantes y modelos más avanzados para adaptarse a una amplia gama de situaciones y requisitos empresariales. Estos modelos incorporan factores adicionales como la demanda estacional, la incertidumbre en la demanda, la variación en los plazos de entrega de proveedores y la disponibilidad de capital, entre otros (Causado , 2015).

2.1.9 Tipos de modelos para tamaño de lote dinámico.

Los modelos para el tamaño de lote dinámico son herramientas fundamentales en la gestión de inventarios, y se dividen en diversas categorías según su enfoque y complejidad. A continuación, se presentan algunos tipos de modelos para el tamaño de lote dinámico, junto con una breve descripción de cada uno:

Regla Simple:

- **Técnica de Lote a Lote:**
Este es un método, que permite emitir una orden con las unidades exactas según la cantidad requerida para satisfacer la demanda inmediata, Este es un enfoque simple, pero puede resultar en múltiples pedidos a lo largo del tiempo (Salazar, 2016).
- **Cantidad Periódica de Pedido:**
Este método permite el establecimiento de intervalos regulares para realizar pedidos, independientemente de la demanda actual. Esto puede ayudar a consolidar pedidos, pero puede dar lugar a inventarios excesivos (Salazar, 2016).

Reglas Heurísticas:

- **Método de Silver-Meal:**
Este método busca minimizar los costos totales de inventario al equilibrar la cantidad de pedido y el momento de reposición. Aunque no garantiza la solución óptima, es más efectivo en la práctica que las reglas simples (Salazar, 2016).

- **Costo Unitario Mínimo:**
Busca minimizar el costo unitario promedio de inventario durante un período de tiempo determinado (Salazar, 2016).
- **Costo Total Mínimo:**
Se centra en la minimización de los costos totales de inventario, teniendo en cuenta los costos de pedido y mantenimiento de inventario (Salazar, 2016) .
- **Balance de Período Fragmentado:**
Divide el ciclo de pedido en múltiples fragmentos, lo que puede ser útil para gestionar la demanda variable (Salazar, 2016).

2.1.10 Algoritmo de *Wagner-Whitin*

El algoritmo de *Wagner-Whitin* tiene como objetivo minimizar los costos totales de inventarios y permite determinar la cantidad óptima de pedido y el momento de reposición, este modelo es aplicable en situaciones donde se espera que la demanda sea variable a lo largo del tiempo, lo que hace que la gestión de inventarios sea más compleja que en un entorno con demanda constante. El algoritmo se basa en la programación dinámica y resuelve el problema de encontrar la cantidad de pedido óptima y el tiempo de reposición óptimo para minimizar los costos totales de inventario (*Wagner & Whitin, 2004a*).

La idea principal detrás del algoritmo es dividir el horizonte de planificación en períodos discretos y calcular los costos acumulativos a lo largo del tiempo. El algoritmo se ejecuta en dos fases:

Fase 1: Cálculo de costos acumulativos:

Se comienza con el último período del horizonte de planificación y se calcula el costo total de inventario para ese período.

Luego, se retrocede al período anterior y se calcula el costo total de inventario para ese período, considerando el costo de pedido y el costo de mantener el inventario desde el período actual hasta el próximo período de pedido. Este proceso se repite en cada período anterior, acumulando los costos totales de inventario a medida que se retrocede en el tiempo (*Geo Tutoriales, 2016*).

Fase 2: Determinación de políticas de pedido:

Después de calcular los costos acumulativos, se determina la cantidad de pedido óptima y el tiempo de reposición óptimo para minimizar los costos totales. La política de pedido óptima se deriva retrocediendo desde el primer período hasta el último, considerando los costos acumulativos calculados en la Fase 1 (*Geo Tutoriales, 2016*).

Formulación del Algoritmo:

La formulación matemática del algoritmo de *Wagner-Whitin* implica la minimización de los costos totales de inventario y puede variar según las suposiciones específicas y los detalles del problema. Aquí se presenta una formulación simplificada:

Variabes:

Q_i : Cantidad de pedido en el período i .

T_i : Tiempo de reposición en el período i .

Función Objetivo:

Minimizar los costos totales de inventario, que se pueden expresar como:

Donde:

H_i : Costo de mantenimiento del inventario por unidad por período.

S_i : Costo de pedido por pedido.

D : Demanda total durante el horizonte de planificación.

C_i : Costo de mantener el inventario por unidad por período durante el tiempo de reposición.

(Geo Tutoriales, 2016)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \left[H_i Q_i + S_i \left(\frac{D}{Q_i} \right) + C_i (T_{i+1} T_i) \right]$$

Ecuación 4. Modelo algoritmo Wagner-Whitin. Fuente: (Geo Tutoriales, 2016).

2.1.11 Clasificación ABC

El método ABC, se basa en el principio de que, en general, aproximadamente el 20% de los productos representan alrededor del 80% del valor total de los inventarios. Esto se alinea con la distribución de Pareto, que sugiere que una minoría de elementos contribuye significativamente a un resultado mayor (Saldarriaga, 2020).

El método ABC es una estrategia utilizada en la gestión de inventarios para clasificar y priorizar los productos en función de su importancia económica. Según varios autores, esta metodología se basa en la idea de que no todos los productos tienen el mismo impacto en la economía de una organización, por lo que es fundamental identificar y gestionar los productos más cruciales de manera más efectiva. La aplicación del método ABC permite a las empresas concentrar sus esfuerzos y recursos en los productos más importantes, lo que resulta en una gestión de inventarios más eficiente. Los productos de la categoría A requieren una atención especial debido a su impacto crítico en la economía de la organización. Por otro lado, los productos de las categorías B y C pueden gestionarse de manera menos intensiva, lo que ahorra tiempo y recursos (Saldarriaga, 2020).

El método ABC implica dividir los productos en tres categorías principales: A, B y C. Estas categorías se definen de la siguiente manera:

2. **Categoría A (Vitales):** En esta categoría se incluyen los productos más importantes. Aunque representan una minoría en términos de cantidad, estos productos tienen un gran impacto en los ingresos y la rentabilidad de la organización. Son productos de alto valor y críticos para el negocio. Por lo tanto, se les asignan medidas de control y supervisión muy rigurosas.
3. **Categoría B:** Aquí se agrupan productos que son medianamente importantes. Tienen un valor significativo, pero no son tan críticos como los de la categoría A. Estos productos requieren una gestión más cuidadosa que los de la categoría C, pero no tan intensiva como la de la categoría A.
2. **Categoría C (No Vitales):** Esta categoría engloba productos que, aunque pueden ser numerosos en cantidad, tienen un impacto económico menor en la organización. Son productos que, individualmente, tienen un valor bajo y, en conjunto, representan una fracción pequeña de los ingresos totales (Saldarriaga, 2020).

3. Desarrollo Objetivo 1

Para comprender y analizar de manera general el modelo de gestión de inventarios que actualmente implementa la empresa Colombia Química SAS, resulta importante iniciar un proceso de recolección y obtención de información histórica y detallada de los resultados obtenidos a lo largo del año 2022, este proceso permitirá no solo conocer la cadena de suministro y las relaciones entre los diferentes eslabones sino analizar de manera cualitativa el proceso. Posteriormente se procede a identificar las cifras que soportan el histórico de los inventarios, y analizar las cifras de costos asociados, con el fin de evaluar a profundidad el impacto financiero que estos inventarios han tenido en la organización en virtud de las políticas y modelos que han sido aplicados hasta la fecha.

Cadena de valor y estructura logística.

Colombia Química SAS administra su cadena logística y distribución de la siguiente manera, como se ilustra en la Figura 2. los proveedores entregan la mercancía en la bodega asignada por el área de operaciones. Posteriormente, la mercancía es almacenada y preparada para su despacho al cliente final. Es importante destacar que cada una de nuestras bodegas se encuentra estratégicamente ubicada en puntos que garantizan tiempos de respuesta relativamente rápidos.

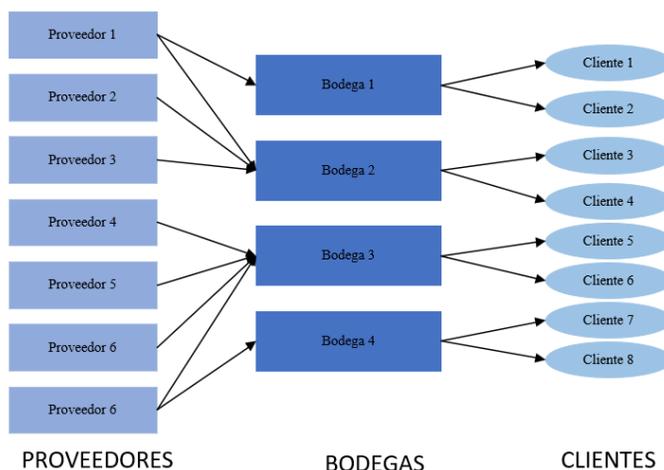


Figura 2. Cadena de Distribución. Fuente: Elaboración Propia.

Para las principales ciudades como Bogotá, Cali y Medellín, la entrega del producto se realiza en un plazo máximo de 24 horas después de la facturación. Para las demás ciudades principales y capitales, el plazo de entrega varía de 24 a 72 horas desde la emisión de la factura. En el caso de la costa y las ciudades que no son capitales, el plazo de entrega se extiende de 72 a 120 horas a partir de la generación de la factura.

La figura 3, ejemplifica el diagrama de relaciones de la cadena de valor de la organización, donde se logra ver la importancia que tiene la comunicación entre cada uno de los eslabones presentes, así mismo se logra observar ese comportamiento circular que se tiene en todo el desarrollo de la operación, donde las diferentes novedades, o variaciones en la cadena van a afectar directamente el comportamiento de toda la operación. Por ejemplo, se identifica como el lead time de las revisiones periódicas de los inventarios, desencadena demoras en el área de compras para la ejecución de los pedidos, lo que puede generar que no se tome una decisión correcta en el

momento preciso. Tal como lo dicen Vidal y Londoño (2004) la gran interdependencia de las decisiones claramente afecta el funcionamiento global de la cadena de suministro.

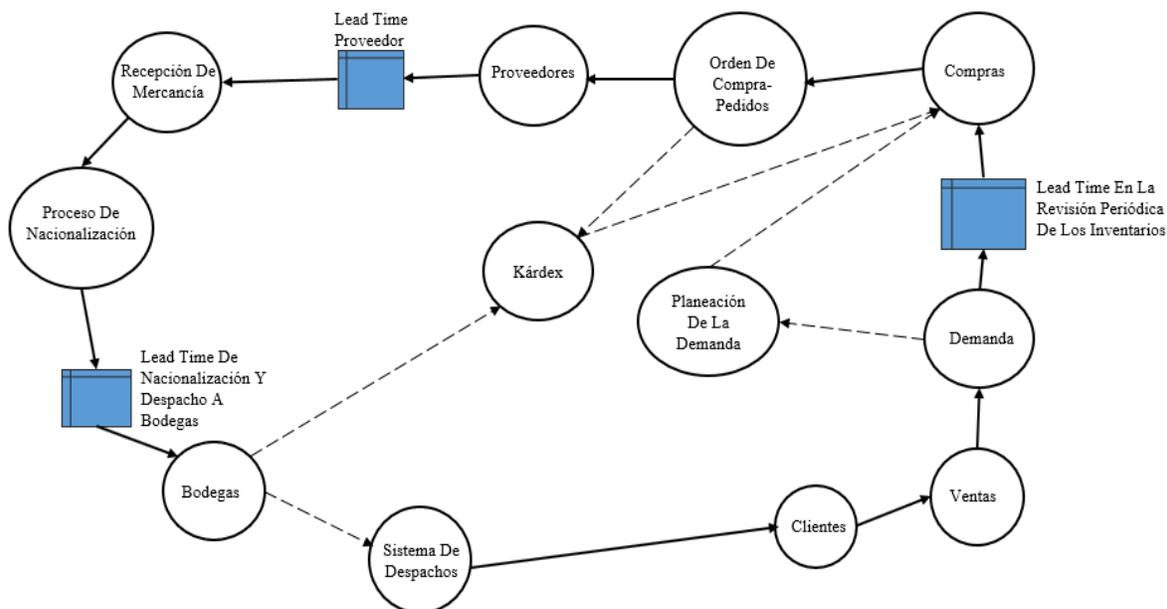


Figura 3. Diagrama causal cadena de valor. Fuente: Elaboración Propia.

Identificación del manejo de los inventarios

Tras la recolección de la información suministrada por la empresa Colombia Química SAS y un trabajo de clasificación se logró la obtención de datos relevantes los cuales fueron analizados para determinar su comportamiento. Entre los hallazgos relevantes encontrados se evidencio que una de las políticas fundamentales de la empresa es la realización de revisiones periódicas de los inventarios (1 vez al mes); esta información es relevante para comprender los niveles de inventario y para la realización de pedidos ya que como política de abastecimiento esta se basa en proyecciones de ventas estimadas por el área comercial las cuales se deben presentar en la revisión, en ocasiones estas estimaciones suelen ser inexactas ya que generalmente van de la mano de entusiasmo del comercial mas no de una proyección detallada y analítica de la demanda.

De la obtención de información por fuentes de primera mano, como lo fueron el personal del área logística, las analistas de comercio internacional se logró construir el siguiente diagrama de causalidad que nos ilustra cuáles son los principales factores por los cuales se está teniendo ese comportamiento en los inventarios. Donde logramos observar cómo en cada uno de los ítems se han tenido falencias que han generado afectación en la administración de los inventarios. Por su parte podemos identificar como directamente del proceso, se obtiene que no se tienen unas políticas adecuadas del punto de reorden, errores en el registro de los inventarios, y por último la falta de un sistema de pronóstico y control efectivo.



Figura 4. Diagrama de Ishikawa comportamiento del inventario. Fuente: Elaboración Propia.

Para el costo de los inventarios se identificó cual fue el valor mensual del durante el año 2022, donde quedó en evidencia los altos niveles en el costo del inventario mes a mes estos valores están generalizados y totalizados sin discriminar a que línea de producto pertenecen (ver figura 5), El valor es únicamente del costo del inventario mas no se tiene en cuenta los costos asociados a este, ya que la empresa no presenta discriminación de los costos asociados.



Figura 5. Variación del inventario. Fuente: Elaboración Propia.

Cómo se logra observar los meses de abril a septiembre, fueron aquellos donde se tuvo un mayor nivel de inventario, mientras que los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre el nivel de inventario fue menor, como se puede observar en la imagen anterior el costo promedio de los inventarios osciló alrededor de los 15 mil millones, como se muestra en la siguiente figura, se logra observar cómo estuvo el comportamiento del inventario por cada una de las líneas de negocio.

La línea *Feed*, es aquella que presenta durante todo el año el menor nivel del inventario comparado con las otras, como podemos observar su costo del inventario apenas logró superar los

\$4 mil millones, mientras que las otras líneas si presentan un comportamiento más variado, validando la tendencia que encontramos en la figura 5, confirmando que los meses de enero a abril, se incrementaron drásticamente los niveles, aproximadamente, \$2,500 millones para *food &pharma*, y \$ 4,000 millones para la línea de industria, como observamos este un comportamiento que genera que la empresa deba costear una gran cantidad de producto durante 3 meses, asumiendo los costos de mantener el inventario; para que después del mes de julio volvieran a bajar los niveles de inventario para cerrar el año.

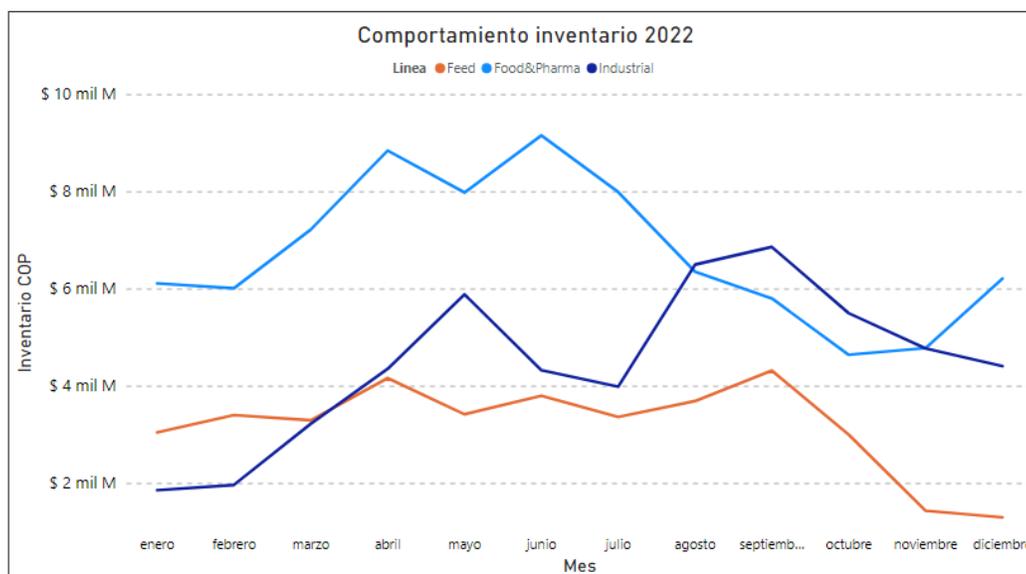
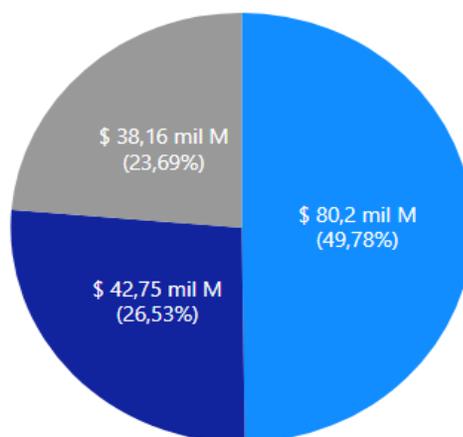


Figura 6. Comportamiento del inventario por la línea de negocio. Fuente: Elaboración Propia.

Para presentar una clasificación más acertada se opta por discriminar el valor del inventario por cada una de las líneas de negocio de la empresa (*Industrial, Feed, food &Pharma*) para lograr conocer cuál es su contribución sobre el valor del inventario, esta clasificación se realiza por la participación anual al inventario con la realización de esta clasificación evidenciamos que la línea de negocio *Food & Pharma*, es la que mayor incidencia tiene sobre el nivel de inventario en concepto de valor ya que tiene una participación del 49,78%, seguido por la línea de industria y finalmente por la línea *feed*.

Distribución de Inventarios 2022



Línea de negocio ● Food&Pharma ● Industrial ● Feed

Figura 7. Distribución de inventarios 2022. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la figura 8, se puede apreciar una distribución del inventario notable basada en las cantidades. En el contexto de las cantidades adquiridas en el año 2022, se destaca que la línea industrial representa el 50.7% del total. Por otro lado, las líneas *Food* y *Pharma* muestran una participación cercana al 33.9%, mientras que la línea *Feed* se queda con un 15.4%; llama la atención observar que aunque en la línea *food* y *pharma*, obtiene el mayor costo de inventario no es la que tiene una mayor cantidad de producto, por lo cual se puede afirmar que sus productos son los que presentar un mayor costo por kilogramo.

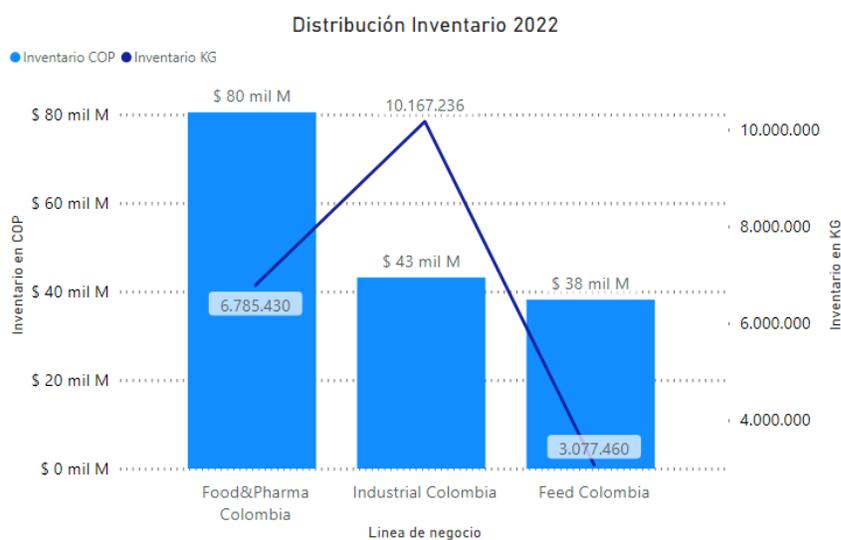


Figura 8. Distribución de inventarios 2022. Fuente: Elaboración Propia.

La empresa también gestiona una política de nivel de rotación, que se fija en 66 días calendario. Según se desprende de la Figura 5, se puede verificar que, durante el año 2022, esta política no se

ha cumplido adecuadamente. Los productos de cada una de las líneas están superando la meta establecida por la gerencia en términos de días de rotación. La línea de negocio que registra los tiempos de rotación más bajos es la línea Industrial, con un promedio de 86 días, mientras que las líneas *Feed* y *Food & Pharma* presentan índices más altos en sus tiempos de rotación, aproximándose a los 155 días promedio.

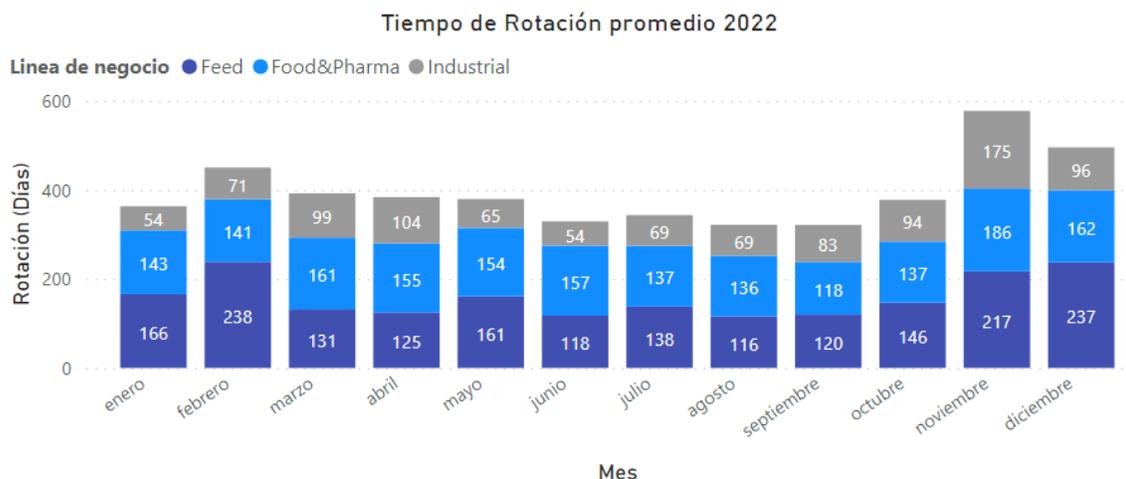


Figura 9. Tiempo de rotación de 2022. Fuente: Elaboración Propia.

En síntesis, la empresa experimenta largos tiempos de rotación en sus líneas de negocio como se mencionó anteriormente, siendo la línea de *food* la que presenta el mayor tiempo. Asimismo, al analizar las cantidades en kilogramos adquiridas por cada línea, se observa que la línea de industria representa el 50,7% del total, seguida por las líneas *food & pharma*, y la menor representación la obtiene la línea *feed* con un 15% del inventario.

La empresa dispone de una amplia gama de productos en cada una de sus líneas de negocio, totalizando 99 ítems, lo que se considera un conjunto extenso para abordar en este proyecto. Por esta razón, se ha tomado la decisión de enfocarse en la línea de negocio de *Food & Pharma* para la propuesta del modelo de inventario. La elección de esta línea se basó en criterios respaldados por los datos analizados, siendo el más importante de ellos la significativa incidencia que esta línea de negocio tiene en el valor total del inventario, representando aproximadamente el 50%, con un total de 49 productos. Otros criterios de selección que se tuvieron en cuenta incluyeron la importancia estratégica de esta línea de negocio para la empresa, dado que es la principal generadora de ingresos para la organización.

4. Desarrollo Objetivo 2

4.1. Análisis y elección del modelo a trabajar

Para definir el modelo de inventarios que mejor se adapte a la organización, es fundamental comprender y reconocer los principales modelos disponibles, así como sus ventajas y desventajas. Esto nos permitirá identificar cuál de ellos se ajusta al estado actual de la compañía.

Como se puede observar en la Tabla 2, se ilustran las ventajas y desventajas de los modelos analizados para la sección del modelo de inventarios que se va a utilizar para estimar los costos del inventario.

| Modelos de inventarios | | |
|------------------------|---|--|
| Modelo | Ventajas | Desventajas |
| EOQ | Ayuda a minimizar los costos totales del inventario, al equilibrar los costos de mantener el inventario en almacén y los costos de realizar pedidos. Bajo ciertos supuestos | El modelo se basa en suposiciones simplificadas, como la demanda constante, los costos constantes, que pueden no ser realistas con a la situación de la organización donde estas variables pueden estar sujetas a incertidumbre |
| | Su simplicidad lo hace accesible para la empresa, y no requiere de consumo de altos recursos financieros para su implementación y la gestión de los inventarios | Requerimientos de datos precisos: Para implementar este modelo de manera efectiva, es necesario contar con datos precisos sobre la demanda, los costos de mantenimiento y los costos de pedido, lo que puede ser un reto para la organización ya que en ocasiones esta información no se tiene tan precisa |
| | El modelo EOQ permite que la empresa logre mantener un nivel de servicio al cliente óptimo al garantizar un buen nivel de inventario disponible para satisfacer la demanda, evitando al tiempo excesos de inventario. | El modelo no considera variaciones estacionales en la demanda, lo que puede llevar a tener niveles de inventario inapropiados en ciertas épocas del año |
| | siempre y cuando la demanda sea constante el modelo permite la reducción del riesgo de obsolescencia, al permitir ordenar cantidades óptimas | Ignora factores estratégicos al estar centrado en la minimización de costos a corto plazo dejando a un lado consideraciones estratégicas más amplias, como las oportunidades de promoción o descuento. |
| LOTE X LOTE | El Modelo de Lote por Lote permite minimizar el riesgo de mantener inventario excesivo que podría perder valor, ya que en la Industria Química algunos productos pueden caducar o volverse obsoletos rápidamente | Al realizar pedidos de reposición con una mayor frecuencia puede resultar en costos de envío más altos, especialmente si los productos se adquieren de proveedores en el exterior o requieren envíos urgentes. |
| | Este enfoque permite adaptarse mejor a la variabilidad de la demanda, ya que los pedidos se realizan a medida que se venden los productos | Gestionar pedidos individuales para cada unidad vendida puede ser más complicado y requerir una carga administrativa más alta en |

| | | |
|--------------------------|--|---|
| | | comparación con modelos de reposición más grandes y menos frecuentes. |
| | El modelo de Lote por Lote tiende a requerir menos espacio de almacenamiento, lo que es valioso para productos químicos que pueden requerir condiciones de almacenamiento especiales. | La implementación del modelo de Lote por Lote puede aumentar el riesgo de quedarse sin inventario en momentos críticos, lo que podría afectar negativamente la disponibilidad de productos para los clientes. |
| | Al realizar pedidos solo cuando se venden unidades, se reduce la inversión en inventario y se liberan recursos financieros para otras necesidades de la empresa | Para productos que requieren una planificación a largo plazo y una gestión de suministro constante, este modelo puede no ser el más adecuado, ya que se centra en el corto plazo y las ventas inmediatas. |
| SILVER MEAL | Este modelo tiene como objetivo minimizar los costos totales de inventario, lo que puede ser beneficioso para las empresas al reducir los costos de almacenamiento y los costos de pedido. | La implementación del modelo <i>Silver-Meal</i> puede ser técnicamente complejo, ya que requiere el cálculo de múltiples variables y la resolución de ecuaciones para determinar el momento óptimo de pedido. |
| | Ayuda a las empresas a mantener niveles de inventario óptimos, evitando la acumulación de exceso de inventario o la falta de inventario, lo que contribuye a una gestión más eficiente de los recursos. | El modelo puede ser sensible a cambios en los parámetros, como los costos de almacenamiento y los costos de pedido, pequeñas variaciones en estos parámetros pueden afectar significativamente los resultados del modelo. |
| | Presenta cierto grado de flexibilidad donde puede adaptarse a cambios en la demanda a lo largo del tiempo, lo que lo hace adecuado para empresas con variabilidad en sus patrones de ventas. | Para implementar el modelo de manera efectiva, es necesario contar con datos precisos, como los costos de almacenamiento, los costos de pedido y la demanda. La falta de datos precisos puede llevar a decisiones subóptimas. |
| | Al calcular el momento óptimo para realizar pedidos, el modelo ayuda a reducir el espacio de almacenamiento necesario, lo que puede ser beneficioso en términos de costos y utilización eficiente de los recursos de almacenamiento. | Puede no ser adecuado para productos con demanda altamente estacional o volátil, ya que puede ocasionar faltantes en el inventario |
| WAGNER WHITIN | El modelo <i>Wagner-Whitin</i> tiene como objetivo principal minimizar los costos totales permitiendo determinar la cantidad óptima en la que se debe realizar pedido a lo largo del tiempo | Complejidad de cálculo y recursos necesarios: La implementación del modelo requiere recursos técnicos y computacionales para realizar los cálculos, lo que puede ser costoso y complicado para algunas empresas. |
| | Adaptabilidad a la demanda variable siendo efectivo en entornos fluctuantes ya que permite el cálculo en el momento óptimo | |

| | | |
|--|---|--|
| | Optimización del <i>stock</i> , permitiendo evitar la escasez y excesos de inventario | |
| | Reducción de incertidumbre en toma de decisiones al tener en cuenta demanda futura y costos asociados | |

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los modelos de los modelos de Inventario. Fuente: Elaboración Propia.

Al profundizar en el análisis de los diferentes modelos de inventario disponibles, se llegó a la conclusión de que el Modelo *Wagner-Whitin* es la elección que se ajusta para satisfacer las necesidades específicas de la organización y cumplir con sus políticas de gestión de inventario, este modelo se destaca por su capacidad de planificación a largo plazo, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de inventario.

Una de las ventajas fundamentales de este enfoque radica en su capacidad para minimizar los costos totales de inventario, incluyendo los costos de almacenamiento como los costos de pedido. Además, el Modelo *Wagner-Whitin* es especialmente versátil, ya que puede adaptarse a la variabilidad de la demanda y ajustar la tasa de recompra de manera óptima, lo que es esencial en industria ya que la demanda puede fluctuar de manera significativa a lo largo del tiempo (*Wagner & Whitin*, 2004b).

4.2. Políticas y clasificación del inventario.

La definición de las políticas permite la optimización de los recursos financieros evitando la sobreinversión en productos almacenados y asegurando la disponibilidad de productos cuando los clientes los requieren, además contribuye a la reducción de los costos de almacenamiento y obsolescencia, permite una gestión más eficiente del espacio de almacenamiento.

Dentro de las políticas que se consideran relevantes para la organización se identifican:

- Política de niveles de inventario de seguridad donde se garantiza un mínimo de *stock* para hacer frente a variaciones inesperadas de la demanda, donde por directrices internas se establece que el *stock* de seguridad es el 80% de la proyección del mes siguiente.
- La política de revisión periódica de los inventarios se efectúa mensualmente, donde en los comités de resultado se analizan los niveles de cada inventario.
- La Política de compras, se llevan a cabo reuniones mensuales en las que se establecen las fechas de envío de las órdenes de compra para cada uno de los productos.
- La política de proyección de la demanda está sustentada en la iniciativa del área comercial, la cual genera proyecciones de la demanda fundamentadas en los pronósticos heurísticos manejados por cada comercial.

Con las políticas identificadas se realiza una clasificación del inventario de la organización mediante el método ABC, para esta clasificación y tal como se ha mencionó en la sección anterior, la línea con la cual se va a trabajar es con *Food* y *Pharma*, con esto se van a estar analizando 49 producto pertenecientes para la clasificación.

Clasificación ABC del inventario

La clasificación ABC del inventario se basa en un análisis que considera tanto el costo del inventario como la cantidad de productos disponibles en las categorías de *Food* y *Pharma*. Esta información se presenta en el Anexo 1, que muestra los datos utilizados en la clasificación del

inventario. Este enfoque nos permite organizar el inventario de manera eficiente, agrupando artículos con patrones de comportamiento similares. En la clasificación A se incluyen los productos que van desde K-75 a K-27 representando cerca de un 74% de los costos de los inventarios, mientras que la clasificación B abarca los productos desde D-4 a E-69 con una participación cerca del 24%. Por último, la categoría C comprende el resto de los productos y una participación en el costo del inventario de un 2%, tal como se ilustra en la Figura 10.

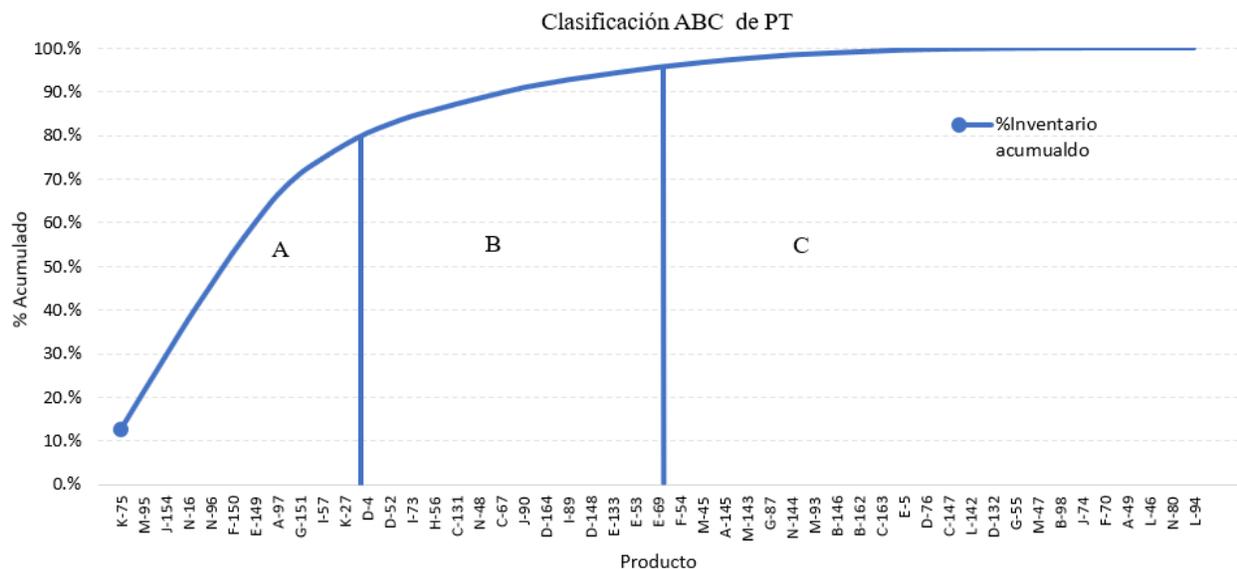


Figura 10. Clasificación ABC del inventario de producto terminado. Fuente: Elaboración Propia.

Como se ilustra en la figura 11, en el proceso de clasificación ABC, se observa que los productos se dividen en tres niveles distintos. Se destaca que un 22,4% de los productos se clasifican en el nivel A, mientras que un 26,5% cae en la categoría B, y finalmente, el nivel C comprende el 51% de los productos pertenecientes a la línea *Food y Pharma*. Esto se ajusta a la regla generalmente aceptada que indica que el 80% del valor del rubro está generado por el 20% de los productos. En este caso, la clasificación ABC nos ayuda a identificar y priorizar aquellos productos que tienen un mayor impacto en el inventario y, por lo tanto, requieren una atención especial en términos de gestión y control.

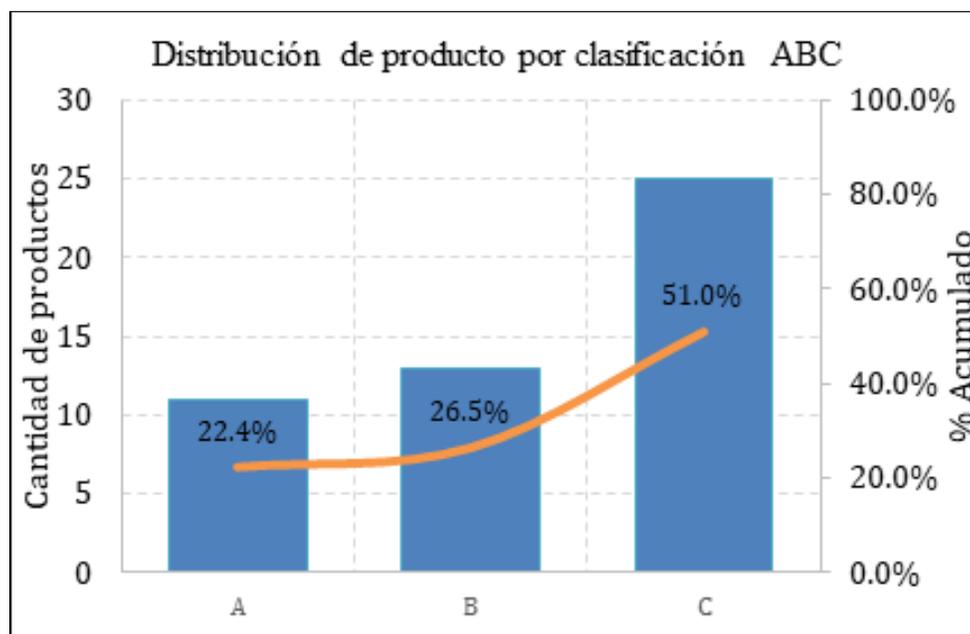


Figura 11. Distribución de productos por clasificación ABC. Fuente: Elaboración Propia.

Atendiendo a estas consideraciones, la clasificación ABC del inventario, la cual agrupa los productos según su costo y cantidad, destaca 11 productos (categoría A) que ejercen un fuerte impacto en los costos totales de inventario cerca del 80%. Esta clasificación facilita la priorización en la gestión y control de los productos más influyentes en el inventario, lo que conlleva a una gestión más eficiente y a la reducción de costos por almacenamiento y obsolescencia. Identificar estos productos clave resulta crucial para enfocar la atención en el control de inventarios, ya que son aquellos que inciden significativamente en el costo total del inventario.

5. Desarrollo Objetivo 3

Propuesta Modelo de inventarios Colombia Química SAS

El modelo propuesto para implementar en la organización es el modelo *Wagner-Whitin*, el cual se estima que permita reducir los costes totales del inventario, lograr una cantidad optima a pedir, y por ende controlar los niveles del inventario; se encuentra que este modelo cuenta con una variabilidad de la demanda; de acuerdo con el funcionamiento del modelo una forma de reducir los costos es no tener inventario en exceso, por lo cual dentro de sus parámetros siempre busca consumir todo el inventario antes de generar un nuevo pedido.

Por lo tanto, como parte del desarrollo se establecen las siguientes políticas de inventario:

- Se debe establecer un inventario de *stock* de seguridad, demanda que en este caso se determina por medio de la ecuación 1, teniendo en cuenta la demanda media, y el *lead time* de cada proveedor.
- La política de revisión periódica de los inventarios se debe mantener reducir el intervalo de revisión a un máximo de cada 15 días para los productos clasificados como clase A según su categorización ABC.
- Política de uso de tecnologías que permita el análisis y adaptación de pronósticos en tiempo real. Se propone la alimentación de los pronósticos de la demanda a partir de los análisis de ventas obtenidos de SAP. Asimismo, se sugiere el empleo de programas como Power BI o Excel para organizar y analizar los datos de manera eficiente.
- Elaboración de una política de gestión de obsolescencia que implique el desarrollo de estrategias destinadas a minimizar las pérdidas ocasionadas por la acumulación de productos debido a pronósticos inexactos o cambios en la demanda. Dichas estrategias podrían enfocarse en la implementación de descuentos o el reacondicionamiento de productos

Para empezar la ejecución del modelo del inventario, se debe determinar el costo de mantener, para lo cual se contemplaron los diferentes ítems, que aportan a este rubro tal como se muestra en la tabla 3, para el costo se calcularon los costos de almacenamiento, mano de obra, el costo de servicio y el costo de riesgo basados en un porcentaje del valor del inventario.

| Costo de mantener el inventario | |
|---|-------------------|
| Costo promedio del inventario (COP/mes) | \$ 13.425.741.558 |
| Costo de almacenamiento (COP /kg) | \$ 53 |
| Inventario promedio (kg/mes) | 1.649.022 |
| Costo de cargue y descargue (COP /kg) | \$ 12 |
| Costo de servicio (1% valor inventario) | \$ 134.257.416 |
| Costo de Riesgo (2% valor inventario) | \$ 268.514.831 |
| Costo de mantener el inventario (COP) | \$ 13.935.425.365 |
| Costo de mantener el inventario (\$/mes) | \$ 8.451 |

Tabla 3. Costo de mantener el inventario por periodo. Fuente: Elaboración Propia.

Un aspecto fundamental para la implementación del modelo es el cálculo del costo por ordenar, el cual se basa en los elementos detallados en la Tabla 4. Entre estos elementos se encuentra el costo

de mano de obra mensual, derivado de la nómina del departamento de comercio exterior, responsable de la generación de órdenes de compra. Según los datos proporcionados por la empresa, se determinó que el 30% del tiempo de este personal se destina a la preparación y seguimiento de dichas órdenes, lo cual se refleja en el rubro de participación. Además, se consideran los costos de servicios, otros gastos inherentes al proceso y, finalmente, se identifica el rubro mensual total atribuible al área de *food y pharma*, directamente vinculado a la participación del costo total en el inventario determinado en la sección anterior 49%.

| Costo por ordenar | |
|----------------------------|------------------|
| Mano de obra mensual (COP) | \$ 12.351.481 |
| Participación (COP) | \$ 3.705.444 |
| Servicios (COP) | \$ 260.000 |
| Otros gastos (COP) | \$ 100.000 |
| Costo mensual (COP) | \$ 4.065.444 |
| Costo <i>Food</i> (COP) | \$ 2.012.395 |
| Costo ordenar | \$ 41.069 |

Tabla 4. Costo por ordenar. Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto al cálculo del *stock* de seguridad, se empleó la Ecuación 1 para llevar a cabo esta determinación. Este inventario de seguridad fue calculado individualmente para cada uno de los 11 productos analizados, como se muestra en la ecuación 1, este parámetro depende de la demanda media de cada producto y del lead time de cada proveedor. Tal como se evidencia en la tabla 5.

| Determinación del <i>stock</i> de seguridad | |
|--|--------------|
| Demanda media (Kg) | 3.264 |
| Lead time máximo (mes) | 1.5 |
| Lead time medio (mes) | 1 |
| <i>Stock</i> de seguridad (Kg) | 1.632 |

Tabla 5. Determinación de *stock* de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

Como se detalla en la tabla 6, se lleva a cabo la determinación del nivel de *stock* de seguridad para cada producto objeto de análisis. Además, se procede al cálculo del costo mensual del inventario y su equivalente anual, considerando los costos asociados al mantenimiento de este nivel de inventario de seguridad durante el período de 12 meses; como se evidencia el *stock* de seguridad varía de manera significativa entre cada uno de los productos, variando desde los 1.591kg hasta los 23.977 kg, obteniendo un inventario total de *stock* de 103.606 kg, así mismo un costo anual del inventario de *stock* de \$11.706.147.919; por lo tanto si nos fijamos en el costo total del inventario determinado (ver tabla 7) el costo del *stock* de seguridad anual representa el 28.67% del costo total.

| Producto | Inventario de seguridad (kg) | Costo (COP/Mes) | Costo (COP/ Año) |
|--------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| K-75 | 8.177 | \$ 73,768,933 | \$ 902,953,960 |
| M-95 | 23.977 | \$ 112.767.928 | \$ 2.544.235.107 |
| J-154 | 21.950 | \$ 221.936.184 | \$ 2.447.852.628 |
| N-16 | 19.139 | \$ 210.786.278 | \$ 2.151.680.933 |
| N-96 | 1.632 | \$ 68.843.858 | \$ 234.330.159 |
| F-150 | 8.405 | \$ 186.065.297 | \$ 1.038.371.505 |
| E-149 | 4.688 | \$ 77.990.665 | \$ 553.403.039 |
| % A-97 | 2.154 | \$ 90.221.461 | \$ 308.676.899 |
| G-151 | 6.748 | \$ 25.872.323 | \$ 710.180.675 |
| I-57 | 5.146 | \$ 104.749.639 | \$ 626.590.289 |
| K-27 | 1.591 | \$ 29.569.534 | \$ 190.872.726 |
| TOTAL | 103.606 | \$ 1.202.572.102 | \$ 11.709.147.919 |

Tabla 6. Stock de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

El modelo de costos se ejecutó para cada uno de los productos examinados, llevando a cabo la simulación según lo representado en el anexo 2. Los parámetros empleados para calcular los costos incluyen el costo por mantener, el costo del pedido y la proyección de la demanda durante el período determinado, como lo indica el modelo expuesto por *Wagner-Whitin* ver ecuación 4. Asimismo, para el modelo se exploran diversas posibilidades en cuanto a la frecuencia óptima para realizar los pedidos, lo que permite determinar los costos totales del inventario, detallados en el anexo 2.

En la tabla 7 se presentan los resultados obtenidos tras el cálculo de los costos utilizando el modelo *Wagner-Whitin*, los cuales se comparan con los costos actuales de los inventarios. Asimismo, se determina la diferencia entre ambos para calcular el porcentaje de reducción de los costos.

| Producto | Costo de inventario actual (COP) | Costo de inventario con la propuesta (COP) | Ahorro (COP) | Diferencia (%) |
|--------------|----------------------------------|--|--------------------------|----------------|
| K-75 | \$ 10.247.763.953 | \$ 9.755.718.718 | \$ 492.045.235 | 4,80% |
| M-95 | \$ 6.741.992.037 | \$ 5.251.158.217 | \$ 1.490.833.820 | 22,11% |
| J-154 | \$ 6.662.749.216 | \$ 4.496.987.156 | \$ 2.165.762.060 | 32,51% |
| N-16 | \$ 6.641.430.763 | \$ 4.681.609.102 | \$ 1.959.821.661 | 29,51% |
| N-96 | \$ 6.186.086.137 | \$ 1.887.075.592 | \$ 4.299.010.545 | 69,49% |
| F-150 | \$ 6.088.104.435 | \$ 3.271.647.906 | \$ 2.816.456.529 | 46,26% |
| E-149 | \$ 5.527.939.328 | \$ 2.425.671.841 | \$ 3.102.267.487 | 56,12% |
| A-97 | \$ 5.108.495.098 | \$ 2.474.484.795 | \$ 2.634.010.303 | 51,56% |
| G-151 | \$ 3.873.248.181 | \$ 3.815.352.301 | \$ 57.895.880 | 1,49% |
| I-57 | \$ 2.782.648.182 | \$ 1.884.078.789 | \$ 898.569.393 | 32,29% |
| K-27 | \$ 2.523.716.171 | \$ 901.034.377 | \$ 1.622.681.794 | 64,30% |
| TOTAL | \$ 62.384.173.501 | \$ 40.844.818.794 | \$ 21.539.354.707 | 34,53% |

Tabla 7. Resultados obtenidos. Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la tabla en la 7, la reducción promedio estimada del inventario en términos porcentuales es 34,53% pasando de \$62.384.173.501 COP /año a \$40.844.818.794 COP/año con un ahorro anual de \$ 21.539.354.707 COP; como se muestra en la tabla 7 hay productos que presentan un mayor porcentaje de reducción del costo variando desde el 1,49% hasta un 69.49%, esta variación

se genera por diferentes factores como lo es el inventario de *stock* de cada producto y el valor de adquisición del producto.

En la figura 12 se ilustra la reducción del costo de inventario junto con su representación porcentual para cada uno de los productos analizados.

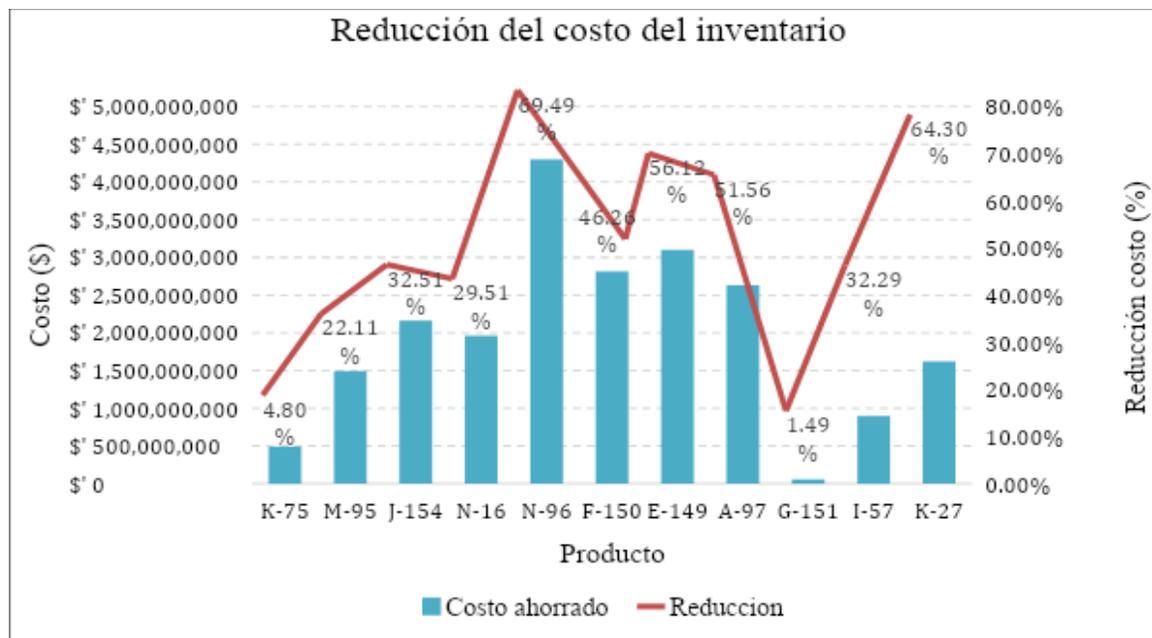


Figura 12. Reducción de los costos del inventario por producto: Elaboración Propia.

La grafica titulada, Reducción de los costos del inventario por producto, proporciona una representación visual de los datos, donde encontramos que la principal reducción se encuentra en el producto N-96, con un 69.49%, seguido del producto K-27, con 64.3%, este producto, aunque presenta uno de los mayores porcentajes en la reducción no es de los mayores en cuanto a cantidad de dinero se refiere, esto debido a factores como lo es el valor de adquisición del producto y el inventario de seguridad. Por su parte se evidencia que los productos G-151 y K-75, representan la menor tasa de ahorro con un 1.49% y 4.8%, debido a que estos productos son aquellos que tiene una demanda media mayor comparado con otros productos siento esta 81.767 kg y 67.480 kg respectivamente tal como se puede observar en la sección de anexos.

Considerando que la implementación del modelo se está llevando a cabo exclusivamente en los productos clasificados como A en una sola de las líneas, se proyecta que al expandir esto a la totalidad del inventario, se lograría una reducción significativa de los costos anuales. Esto representaría un ahorro estimado superior a los \$21.539.354.707 COP, monto determinado únicamente para los productos clasificados como A en la línea de *Food y Pharma*.

La inversión necesaria para la implementación no requiere un gran desembolso de capital, ya que no demandará una cantidad considerable de recursos físicos, tecnológicos, humanos ni financieros. El modelo puede desarrollarse y ejecutarse utilizando Excel para correr el modelo mediante macros y cálculos, y Power Bi para realizar toda la representación y análisis de los datos, tal como se ejecutó en el presente proyecto.

6. Conclusiones y recomendación

6.1 Conclusiones

La planificación de inventarios desempeña un papel fundamental en la gestión de los inventarios, dado que su adopción permite anticipar y adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, esta anticipación brinda a las organizaciones la capacidad de tomar decisiones estratégicas encaminadas a mantener un equilibrio óptimo entre la demanda de productos y sus costos asociados.

La recopilación meticulosa de datos e información histórica, junto con un análisis regular de los niveles de inventario, abre la puerta a identificar oportunidades para optimizar la gestión de existencias. Esta práctica permite detectar productos con alta y baja rotación, brindando una visión clara del estado actual de la organización. En el caso específico de la línea de *food y pharma*, se evidencia que los productos presentan una menor rotación con un promedio de 155 días, mientras que en la línea de industria se observa que los productos tienen una rotación más alta, con un promedio de 86 días.

Mediante un análisis minucioso de los inventarios y sus costos asociados, se adquiere una perspectiva completa que beneficia la toma de decisiones estratégicas en la gestión de inventarios de la organización. En este sentido, se observa que, de las tres líneas de negocio analizadas, la línea de *food y pharma* destaca al representar un 49,8% del costo total de inventario, mostrando su contribución más significativa en este aspecto.

La importancia de la realización de un comparativo entre el modelo actual y modelos propuestos son significativos ya que se pueden evidenciar potenciales mejoras en la gestión de inventarios, en la forma de pronosticar la demanda que contribuyen directamente a la generación de ahorros significativos en los costos asociados al inventario.

La identificación y elección de un modelo que se alinee con las políticas organizacionales es crucial para asegurar la coherencia y la congruencia entre las prácticas de gestión de inventarios y los objetivos estratégicos de la empresa. En este contexto, se ha optado por el modelo *Wagner-Whitin*, el cual se destaca por su capacidad para calcular los costos considerando la variabilidad tanto en la demanda como en los costos por ordenar.

La aplicación del modelo ABC en la clasificación del inventario ofrece la oportunidad de detectar los productos que contribuyen de manera significativa a los costos del inventario. En este análisis específico, se han identificado 11 productos que representan aproximadamente el 74% del total de costos asociados al inventario. Este enfoque estratégico de clasificación permite priorizar la atención y la gestión específica de estos productos, dado su considerable impacto en los recursos financieros destinados a los inventarios de la organización.

Generar un modelo de mejora continua garantiza que el modelo siga siendo efectivo a lo largo del tiempo entendiendo que el modelo de gestión de inventarios implementado en la organización no debe considerarse estático, si no un proceso de constante evolución, realizando evaluaciones periódicas que permitan ir ajustando el modelo a las necesidades, a los cambios presentes de la demanda y a las condiciones del mercado.

Aunque la propuesta de gestión de inventarios se genera un ahorro considerable del 34,53% en los costos totales de los inventarios, en comparación a la actual, es importante el establecimiento de un monitoreo continuo de las condiciones de mercado, evolución de la demanda y otros factores externos que pueden influir en la efectividad del modelo, por lo tanto, es importante realizar ajustes periódicos para mantener la eficiencia del modelo.

La propuesta establecida facilita el control de los niveles de *stock*, ya que, según el modelo ejecutado, las órdenes de compra se estiman con el fin de mantener un inventario de seguridad promedio de 9.418 kg para los 11 productos analizados, variando entre 1.591 kg y 23.977 kg para los productos K-27 y M-95 respectivamente.

La comparación no debe ser centrada únicamente en la reducción de costos, sino que también se debe tener en cuenta el impacto positivo en la disponibilidad, satisfacción del cliente, capacidad de la organización para la adaptación a la fluctuación del mercado.

6.2 Recomendaciones

Independientemente del modelo de gestión de inventarios seleccionado, es importante elegir políticas pertinentes soportadas en información precisa y datos fiables, que permitan una alineación del objetivo del modelo con los objetivos de la organización.

Considerando la magnitud del proyecto, sería recomendable expandir la propuesta desarrollada en futuras investigaciones para englobar la totalidad del inventario de la organización. Esto incluiría no solo los productos terminados, sino también los insumos, con el objetivo de implementar filosofías que permitan un control exhaustivo de los costos y niveles de los inventarios. Esta ampliación proporciona una visión integral de la gestión de inventarios, permitiendo estrategias más holísticas y eficaces para optimizar los recursos y reducir costos en toda la cadena de suministro de la organización.

Una recomendación importante es generación de una cultura de mejora continua en la gestión de inventarios, iniciando por las directivas de la organización y líderes de área donde estén abiertos a la adopción de nuevas prácticas y tecnologías, así como disposición a la adaptación y ajuste de las estrategias según las lecciones aprendidas en evaluaciones realizadas, esta mentalidad de mejora continua garantizará la adaptabilidad y eficiencia a lo largo del tiempo.

Referencias

- Arenal Laza, C. (2020). *Gestion de inventarios: UF0476*. Editorial Tutor Formacion. <https://elibro.net/es/lc/unbosque/titulos/126745>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). Editorial Episteme. https://tauniversity.org/sites/default/files/libro_el_proyecto_de_investigacion_de_fidias_g_arias.pdf
- Bryan Salazar López. (2016, junio 19). *Sistemas de Loteo*.
- Causado, E. (2015). Modelo de inventario para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 163–177. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=75045730012>
- Colombia Química SAS. (2023). *Colombia Química SAS*. <https://Colombiaquimicasas.com/pais/colombia/>
- Garzón, J. (2018). DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS PARA LA DISTRIBUIDORA TROPILIMA S.A.S. *Universidad de Ibagué*, 1–74. <https://repositorio.unibague.edu.co/server/api/core/bitstreams/8ff584c7-1b8e-43da-9086-9768952a1ef7/content>
- Geo Tutoriales. (2016, mayo 9). *Gestión de Operaciones Blog sobre la Gestión e Investigación de Operaciones con tutoriales y ejercicios resuelto*. https://www.gestiondeoperaciones.net/inventarios/algorithmo-de-wagner-y-Whitin/#google_vignette
- Guerreo Salas, H. (2011). Inventarios Manejo y control. En *Ciencias empresariales* (1ª ed., Vol. 1). ecoediciones. <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=3eedbb01-406c-42e9-8880-a80ea6523203%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=cub.348900&db=cat06715a>
- Holguín, C. J. V. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios* ((1st ed.)). Universidad del Valle.
- Levy, L. H. (2005). Planeacion Financiera en la Empresa Moderna. En *Ediciones Fiscales ISEF*. (1ª ed.).
- Lopez, R. (2016, noviembre 7). *KAIZEN INSTITUTE*. Lead Time DEFINITION- MÉTRICA PARA Lean PROCESS. <https://mx.kaizen.com/blog/post/2016/11/07/lead-time-#:~:text=Tipos%20de%20Lead%20Time%20m%C3%A1s%20usados%20en%20cadena%20de%20suministros%3A&text=Delivery%20Lead%20Time%20%E2%80%93%20Tiempo%20des%20de%20producto%20requiere%20para%20ser%20producido.>

- Madiedo, Á. (2016). *Desarrollo de un esquema de gestión de sistemas de inventarios para Química Comercial Andina s.a.s* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59041>
- Melo Moncada, J. (2022). *DISEÑO DE SISTEMA DE INVENTARIOS PARA EL DEPARTAMENTO DE Q&HS DE LA EMPRESA CALDAS GOLD MARMATO S.A.S* [UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30268>
- Minitab. (2021). *Métodos y fórmulas para la Suavización exponencial doble - Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/statistical-modeling/time-series/how-to/double-exponential-smoothing/methods-and-formulas/methods-and-formulas/>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12^a ed.). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9_Metodos%20estanda res%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf
- Oracle Help Center. (2015). *Suavizado exponencial doble (DES)*. https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs_common/CSPPU/double_exponential_smoothing_des.htm
- Romero, L. (2019). *Modelo del problema de transporte y problemas de asignación*. Material educativo producido por el equipo de Dirección Académica de Desarrollo Multimedial de la Facultad de Estudios a Distancia, Universidad Militar Nueva Granada. http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9hZG1pbmlzdHJhY2lubl9lbXBvZXNhcy9tb2RlbG9zX21hdGVtYXRpY29zL3VuaWRhZGF80Lw==#slide_1
- Saldarriaga, F. (2020). *Optimización de la gestión del almacén en productos químicos sólidos para el mantenimiento de equipos aplicando el método ABC en la Compañía Distribuidora, 2018* [Trabajo de investigación, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8071>
- Sánchez Cano, J., Mejias, N., & Sánchez, M. del C. (2019). *CADENAS DE VALOR E INNOVACIÓN* (1^a ed., Vol. 1). Universidad Juárez del Estado de Durango . https://www.researchgate.net/profile/Lino-Ruiz-3/publication/335453424_Perspectiva_y_prospectiva_del_sector_vitivinicola_de_Baja_California_ante_el_impacto_del_cambio_climatico/links/5d66aa9892851c70c4c5ec16/Perspectiva-y-prospectiva-del-sector-vitivinicola-de-Baja-California-ante-el-impacto-del-cambio-climatico.pdf
- Torres García, J. (2020). *MODELO DE GESTIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN NOVOCENTRO MADEC* [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10211>
- Trujillo, N., Paz Rodriguez, J., Jimenez, F., Pérez, L., & Pérez, Y. (2017). LA ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS EN EL MARCO DE LA ADMINISTRACIÓN FINANCIERA A CORTO PLAZO. *Dialnet*, 6, 196–214. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6145627>

- Universidad América Latina. (s. f.). Administración de inventarios. En *Costos II*. Recuperado 30 de mayo de 2023, de http://ual.dyndns.org/biblioteca/costos_ii/pdf/unidad_07.pdf
- Vidal, C., Londoño, J., & Contreras, F. (2004). Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. *Ingeniería y Competitividad*, 6(1), 35–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyc.v6i1.2287>
- Villón, A. (2021). *ROTACIÓN DE INVENTARIO Y SU IMPORTANCIA EN LA APLICACION SECTOR COMERCIAL*.
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (2004a). Dynamic version of the economic lot size model. En *Management Science* (Vol. 50, Número 12 SUPPL., pp. 1770–1777). <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0262>
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (2004b). Dynamic version of the economic lot size model. En *Management Science* (Vol. 50, Número 12 SUPPL., pp. 1770–1777). <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0262>
- Yusty Correa, J. (2010). Proceso de mejoramiento en la rotación de inventarios en el grupo C. Lozano Frexco S.A.S. [Universidad Católica Popular del Risaralda]. En *Universidad Católica Popular de Risaralda*. <http://hdl.handle.net/10785/1436>

ANEXOS

Anexo 1. Clasificación ABC de los inventarios.

| Código | Costo de inventario | % Costo Acumulado | Inventario KG | % Inventario Acumulado | CLASIFICACIÓN | |
|--------|---------------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------|---|
| K-75 | \$ 10.247.763.953 | 12,78% | 795.115 | 12,03% | A | |
| M-95 | \$ 6.741.992.037 | 21,18% | 1.003.446 | 27,21% | | |
| J-154 | \$ 6.662.749.216 | 29,49% | 658.960 | 37,18% | | |
| N-16 | \$ 6.641.430.763 | 37,77% | 603.040 | 46,30% | | |
| N-96 | \$ 6.186.086.137 | 45,49% | 146.635 | 48,52% | | |
| F-150 | \$ 6.088.104.435 | 53,08% | 274.445 | 52,67% | | |
| E-149 | \$ 5.527.939.328 | 59,97% | 332.289 | 57,70% | | |
| A-97 | \$ 5.108.495.098 | 66,34% | 121.975 | 59,55% | | |
| G-151 | \$ 3.873.248.181 | 71,17% | 707.155 | 70,24% | | |
| I-57 | \$ 2.782.648.182 | 74,64% | 136.700 | 72,31% | | |
| K-27 | \$ 2.523.716.171 | 77,79% | 135.758 | 74,37% | | |
| D-4 | \$ 2.155.627.673 | 80,47% | 455.390 | 81,26% | | B |
| D-52 | \$ 1.650.589.308 | 82,53% | 177.975 | 83,95% | | |
| I-73 | \$ 1.465.617.746 | 84,36% | 148.350 | 86,19% | | |
| H-56 | \$ 1.117.483.062 | 85,75% | 47.975 | 86,92% | | |
| C-131 | \$ 1.116.069.933 | 87,15% | 204.000 | 90,00% | | |
| N-48 | \$ 1.036.825.156 | 88,44% | 154.025 | 92,33% | | |
| C-67 | \$ 1.021.399.703 | 89,71% | 128.675 | 94,28% | | |
| J-90 | \$ 948.358.072 | 90,89% | 1.579 | 94,31% | | |
| D-164 | \$ 736.438.191 | 91,81% | 33.789 | 94,82% | | |
| I-89 | \$ 706.378.567 | 92,69% | 1.752 | 94,84% | | |
| D-148 | \$ 594.151.539 | 93,43% | 23.295 | 95,20% | | |
| E-133 | \$ 593.285.604 | 94,17% | 134.680 | 97,23% | | |
| E-53 | \$ 552.596.641 | 94,86% | 64.700 | 98,21% | | |
| E-69 | \$ 549.292.198 | 95,55% | 544 | 98,22% | C | |
| F-54 | \$ 453.093.985 | 96,11% | 909 | 98,23% | | |
| M-45 | \$ 437.900.461 | 96,66% | 2.870 | 98,28% | | |
| A-145 | \$ 405.137.062 | 97,16% | 1.600 | 98,30% | | |
| M-143 | \$ 338.814.103 | 97,59% | 38.003 | 98,88% | | |
| G-87 | \$ 326.136.115 | 97,99% | 2.540 | 98,92% | | |
| N-144 | \$ 311.822.366 | 98,38% | 12.015 | 99,10% | | |
| M-93 | \$ 200.952.390 | 98,63% | 551 | 99,11% | | |
| B-146 | \$ 193.172.595 | 98,87% | 15.007 | 99,33% | | |
| B-162 | \$ 179.292.415 | 99,10% | 562 | 99,34% | | |
| C-163 | \$ 168.845.912 | 99,31% | 8.148 | 99,46% | | |
| E-5 | \$ 162.905.453 | 99,51% | 680 | 99,47% | | |
| D-76 | \$ 96.833.155 | 99,63% | 8.800 | 99,61% | | |
| C-147 | \$ 76.923.845 | 99,73% | 2.011 | 99,64% | | |
| L-142 | \$ 59.529.048 | 99,80% | 4.806 | 99,71% | | |
| D-132 | \$ 51.583.245 | 99,87% | 12.665 | 99,90% | | |
| G-55 | \$ 41.767.998 | 99,92% | 150 | 99,90% | | |
| M-47 | \$ 25.151.950 | 99,95% | 5.100 | 99,98% | | |
| B-98 | \$ 16.492.308 | 99,97% | 30 | 99,98% | | |
| J-74 | \$ 12.734.711 | 99,99% | 1.000 | 100,00% | | |
| F-70 | \$ 6.173.695 | 99,99% | 21 | 100,00% | | |
| A-49 | \$ 3.098.040 | 100,00% | 125 | 100,00% | | |

| | | | | | |
|--------------|-----------|-----------------------|---------|------------------|---------|
| L-46 | \$ | 1.965.778 | 100,00% | 30 | 100,00% |
| N-80 | \$ | 169.698 | 100,00% | 10 | 100,00% |
| L-94 | \$ | 129.689 | 100,00% | 3 | 100,00% |
| TOTAL | \$ | 80.198.912.911 | | 6.609.883 | |

Anexo 2. Modelo de inventario Wagner-Whitin.

| | | | | | |
|----------|------|----------------|-----------|--------------------|----------|
| Producto | N-96 | Costo unitario | \$ 42.187 | Costo por mantener | \$ 8.451 |
|----------|------|----------------|-----------|--------------------|----------|

| MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----------------------------|------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Costo ordenar(\$) | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | \$ 41.069 | |
| Demanda (KG) | 1.290 | 3.420 | 1.710 | 4.125 | 3.495 | 1.725 | 4.470 | 6.270 | 3.990 | 5.835 | 2.040 | 795 | |
| 1 | \$ 41.069 | \$ 28.942.545 | \$ 57.844.021 | \$ 162.421.729 | \$ 280.562.848 | \$ 353.450.342 | \$ 580.098.756 | \$ 951.001.027 | \$ 1.220.748.133 | \$ 1.664.537.898 | \$ 1.836.932.665 | \$ 1.910.834.245 | |
| 2 | | \$ 82.139 | \$ 14.532.876 | \$ 84.251.348 | \$ 172.857.188 | \$ 231.167.183 | \$ 420.040.862 | \$ 737.957.094 | \$ 973.985.812 | \$ 1.368.465.603 | \$ 1.523.620.893 | \$ 1.590.804.148 | |
| 3 | | | \$ 123.208 | \$ 34.982.444 | \$ 94.053.004 | \$ 137.785.500 | \$ 288.884.443 | \$ 553.814.636 | \$ 756.124.966 | \$ 1.101.294.783 | \$ 1.239.210.596 | \$ 1.299.675.526 | |
| 4 | | | | \$ 164.277 | \$ 29.699.557 | \$ 58.854.554 | \$ 172.178.762 | \$ 384.122.917 | \$ 552.714.858 | \$ 848.574.701 | \$ 969.251.038 | \$ 1.022.997.642 | |
| 5 | | | | | \$ 205.346 | \$ 14.782.845 | \$ 90.332.317 | \$ 249.290.433 | \$ 384.163.986 | \$ 630.713.855 | \$ 734.150.715 | \$ 781.178.994 | |
| 6 | | | | | | \$ 246.416 | \$ 38.021.151 | \$ 143.993.229 | \$ 245.148.394 | \$ 442.388.289 | \$ 528.585.673 | \$ 568.895.625 | |
| 7 | | | | | | | \$ 287.485 | \$ 106.259.562 | \$ 207.414.727 | \$ 404.654.623 | \$ 490.852.006 | \$ 531.161.959 | |
| 8 | | | | | | | | \$ 328.554 | \$ 101.483.719 | \$ 298.723.614 | \$ 384.920.998 | \$ 425.230.951 | |
| 9 | | | | | | | | | \$ 369.624 | \$ 197.609.519 | \$ 283.806.902 | \$ 324.116.855 | |
| 10 | | | | | | | | | | \$ 410.693 | \$ 86.608.076 | \$ 126.918.029 | |
| 11 | | | | | | | | | | | \$ 451.762 | \$ 7.170.088 | |
| 12 | | | | | | | | | | | | \$ 492.831 | |
| Kmin (Costo total ordenar) | \$ 41.069,28 | \$ 82.139 | \$ 123.208 | \$ 164.277 | \$ 205.346 | \$ 246.416 | \$ 287.485 | \$ 328.554 | \$ 369.624 | \$ 410.693 | \$ 451.762 | \$ 492.831 | |
| Costo total del producto | \$ 54.421.188,72 | \$ 144.279.431 | \$ 72.139.715 | \$ 174.021.243 | \$ 147.443.453 | \$ 72.772.520 | \$ 188.575.747 | \$ 264.512.289 | \$ 168.326.002 | \$ 246.160.958 | \$ 86.061.415 | \$ 33.538.640 | |
| | | | | | | | | | | | | Total inventario | \$ 1.652.745.433 |