



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCUELA SUPERIOR DE CIUDAD SAHAGÚN

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TESIS**

**UN MODELO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS Y  
TIEMPOS DE ENTREGA PARA UNA EMPRESA  
COMERCIALIZADORA**

Para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Industrial

**PRESENTA**

Vanessa Giovanna Espinosa Vázquez

Maribel Carpio García

**Director de Tesis**

Dr. Isidro Jesús González Hernández

**Comité tutorial**

Dr. Rafael Granillo Macías

Dr. Francisca Santana Robles

Ciudad Sahagún, Hgo. diciembre 2022

## Contenido

Resumen .....	6
Abstract.....	7
Capítulo I: Construcción del Objeto de Estudio.....	8
1.1. Introducción.....	8
1.2. Antecedentes del problema.....	12
1.3. Planteamiento del problema .....	15
1.4. Justificación .....	16
1.5. Objetivos de la investigación.....	18
1.5.1. Objetivo General: .....	18
1.5.2. Objetivos Específicos: .....	18
1.6. Preguntas de la investigación .....	19
1.7. Hipótesis .....	19
1.8. Alcance .....	20
1.9. Limitaciones .....	20
1.10. Organización del trabajo.....	20
Capítulo II: Estado del Arte.....	22
2.1. Marco Teórico .....	22
2.1.1. Administración de operaciones y suministro (AOS).....	22
2.2. Procesos de transformación en la cadena de suministro.....	23
2.3. Estrategia de operaciones y suministro .....	26
2.4. Problemas de toma de decisiones .....	32
2.5. Sistemas de identificación .....	32
2.6. RFID .....	34
2.7. Tipos de etiquetas .....	38
2.8. Lector de código de barras.....	40
2.9. Costos de inventario .....	41
2.10. Políticas de inventario .....	45
2.11. Industria 4.0.....	52
2.12. Computación en la nube .....	53
2.13. Sistema de Gestión de Calidad .....	53

2.14. Análisis de series de tiempo .....	54
2.15. Marco referencial.....	57
Capítulo III: Propuesta de intervención.....	61
3.1. Exploración.....	61
3.2. Modelo estratégico para el pronóstico de la demanda y control de inventario .....	61
3.3. Productividad.....	63
3.4. Financieras.....	63
3.5. Administración del capital humano.....	64
3.6. Operaciones .....	64
3.7. Inventario.....	66
3.8. Propósitos del inventario .....	66
3.9. Costos del inventario .....	68
3.10. Demanda independiente y dependiente .....	70
3.11. Sistemas de inventario.....	71
3.12. Sistema de inventario de varios periodos .....	72
3.13. Modelos de cantidad de pedidos fija .....	75
3.14. Establecimiento de inventarios de seguridad.....	78
3.15. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad.....	79
3.16. Modelos de periodos fijos .....	82
3.17. Integración de dispositivos móviles .....	83
Capítulo IV: Resultados .....	85
5.1. Propósito.....	85
5.2. Administración de la demanda .....	85
5.3. Pronósticos .....	86
5.4. Componentes de la demanda.....	87
5.6. Análisis de pronóstico en venta de empresa comercializadora .....	88
5.7. Sistemas de inventarios .....	92
5.8. Errores de pronostico.....	94
5.9. Fuentes de error .....	95
5.10. Medición de errores .....	96
Conclusiones.....	98
Bibliografía.....	99

Anexos ..... 103

## Índice de Figuras

Figura 1.1. Evolución en las industrias..... 15

Figura 2.1. Administración de sistema completo. .... 22

Figura 2.2. Procesos de la cadena de suministro ..... 25

Figura 2.3. Etiquetas..... 33

Figura 2.4. Ejemplo de etiquetas RFID. .... 35

Figura 2.5. Etiqueta con código de barras ..... 40

Figura 2.6. Clasificación de los modelos de tamaño de lote. .... 47

Figura 2.7. Recta de agotamiento, ..... 49

Figura 3.1. Enlaces entre las necesidades del cliente. .... 62

Figura 3.2. Perspectiva de la integración de la logística. .... 65

Figura 3.3. Matriz de diseño del sistema de control ..... 71

Figura 3.4. Comparación de los sistemas de inventario ..... 74

Figura 3.5. Modelo básico de cantidad de pedido fijo. .... 76

Figura 3.6. Costos anuales del producto..... 78

Figura 3.7. Modelo de cantidad de pedido fija. .... 80

Figura 3.8. Modelo de inventario de periodo fijo..... 83

Figura 4.1. Materiales ..... 89

Figura 4.2. Pronóstico de venta ..... 92

Figura 4.3. VTA ..... 94

## Índice de Tablas

Tabla 2.1. Relaciones de insumos- transformación-producto para sistemas típicos. ....	23
Tabla 2.2. Etiquetas RFID por Frecuencia. ....	38
Tabla 3.1. Diferencias entre cantidad de pedido fijo y periodo fijo. ....	73

## Resumen

Actualmente las empresas comercializadoras presentan una gran demanda, donde un componente clave es el control de inventario y los tiempos de entrega a sus diferentes proveedores de la organización considerando estrategias competitivas y una administración eficiente. Dentro de una comercializadora los pronósticos son vitales para toda organización, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planeación corporativa a largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos proporcionan el fundamento para la planeación de presupuestos y el control de costos. El marketing depende del pronóstico de ventas para planear productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. El personal de operaciones utiliza los pronósticos para tomar decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, la planeación de las capacidades y la distribución de las instalaciones, así como para tomar decisiones continuas acerca de la planeación de la producción, la programación y el inventario. En un ambiente de negocios hay demasiados factores que no se pueden pronosticar con certeza. Por lo tanto, es importante establecer la práctica de una revisión continua de los pronósticos y aprender a vivir con pronósticos imprecisos. En la presente tesis se va a diseñar un modelo estratégico para administrar y controlar el inventario de una empresa comercializadora, mediante la aplicación de modelos de investigación de operaciones y pronósticos.

**Palabras claves:** Pronostico, modelo, estratégico, administración, distribución, ventas.

## **Abstract**

Today's trading companies are in high demand, where a key component is inventory control and delivery times to the different suppliers of the organization considering competitive strategies and efficient management. Within a trading company, forecasting is vital for any organization, as well as for any important management decision. Forecasting is the basis of long-term corporate planning. In the functional areas of finance and accounting, forecasting provides the foundation for budget planning and cost control. Marketing relies on sales forecasting to plan new products, compensate sales personnel, and make other key decisions. Operations personnel use forecasts to make periodic decisions involving process selection, capacity planning, and facility layout, as well as to make ongoing decisions about production planning, scheduling, and inventory. In a business environment there are too many factors that cannot be predicted with certainty. Therefore, it is important to establish the practice of continuous review of forecasts and to learn to live with inaccurate forecasts. In this thesis we are going to design a strategic model to manage and control the inventory of a trading company, through the application of operations research and forecasting models.

**Keywords:** Forecasting, model, strategic, management, distribution, sales.

## Capítulo I: Construcción del Objeto de Estudio

### 1.1. Introducción

En la actualidad las empresas comercializadoras se enfrentan a un mercado más competitivo y tecnológico a través del e-comercio y la Industria 4.0. Debido a esta competencia, la administración de la cadena de suministro representa uno de los factores más críticos en la rentabilidad de un negocio. En un mercado tan complejo, los avances en software y en tecnología permiten que las tiendas ofrezcan lo más reciente en el mercado con el objetivo de tener el producto adecuado en el lugar y momento específico que cubra la necesidad del cliente. El diseño, la integración, la administración de inventario y la operación de la cadena de suministro son elementos estratégicos para producir y distribuir un producto o servicio (Ghiani et al., 2013).

Las empresas comercializadoras día con día presentan un gran desafío de poder identificar, controlar y mejorar el rendimiento en su cadena de suministro, donde un componente clave es la administración de inventario y los tiempos de entrega a sus diferentes sucursales de la organización considerando modelos estratégicos para proporcionar ventajas competitivas (Zijm. et al., 2019).

Dentro de una comercializadora la administración de inventario no puede tener un excesivo de producto y, por tanto, los clientes demandan los productos más innovadores y actuales. El éxito en los mercados actuales de dichas empresas requiere de un modelo estratégico que haga corresponder los tiempos de entrega, las preferencias de clientes y una importancia crítica en la sustentabilidad.

La administración de operaciones y suministro se entiende como el diseño, la operación y la mejora de los sistemas. El control de operaciones, al igual que el marketing y las finanzas, es un campo funcional de la empresa que tiene una clara línea de responsabilidades administrativas, mediante lo cual a través de procesos de transformación utilizan los recursos para convertir los insumos en un producto deseado (Chase et al., 2009).

Las compañías se esfuerzan por encontrar, la mejor manera de desempeñar cada tarea o, como suele decirse, las mejores prácticas. Cada función se puede desempeñar de distintas maneras y se presentan muchos retos importantes en el desempeño que es preciso considerar los procesos de abastecimiento (Ghiani et al., 2013). Los mejores procesos dependerán de factores como el volumen, el costo y la velocidad de entrega.

Los procesos logísticos se refieren a las distintas maneras de trasladar ese material (Chase et al., 2009). Los procesos de distribución están relacionados con las funciones del almacén. Algunos de ellos son el almacenaje del material, la forma en que éste es recogido y empacado para su entrega, y los métodos para moverlo en el interior del almacén. Estas funciones pueden ser procedimientos manuales simples o sistemas altamente automatizados con robots y sistemas de bandas.

Los procesos del abastecimiento, la logística y la distribución enlazan los elementos de la cadena de suministro y deben estar muy bien coordinados para que sean efectivos. (Singh & Verma, 2018) menciona que la cadena de suministro se define como un sistema de organizaciones, personas, actividades, información y recursos que se encargan de trasladar un producto o servicio. Por otra parte, (Ortega-Palma et al., 2020) explica que las actividades de la cadena de suministro implican la transformación de recursos naturales, materias primas y componentes en un producto acabado que se entrega al cliente final. De tal forma que, el término “Administración de la Cadena de Suministro” es considerado como un principio de integración y coordinación entre departamentos y empresas para planificar, administrar y controlar todas las actividades de la cadena con el objetivo de maximizar el valor al cliente y lograr una ventaja competitiva sostenible.

Entre las diferentes actividades de la cadena de suministro, la administración de almacenes tiene uno de los papeles más esenciales, ya que proporcionan la información central para las funciones. La idea central de la administración de la cadena de suministro es aplicar el enfoque de un sistema completo a la administración del flujo de información, materiales y servicios, provenientes de proveedores de materias primas, mientras pasan por las fábricas y los almacenes, hasta llegar al consumidor final.

El punto focal de las empresas comercializadoras es optimizar las actividades centrales a efecto de maximizar la velocidad de respuesta ante los cambios de las expectativas

de los clientes. A medida que las empresas comercializadoras cambian dinámicamente sus procedimientos y se involucran en la suministración global junto con ciclos de vida de los productos más cortos, los directivos actualmente se ven obligados a analizar y rediseñar sus redes de distribución con más frecuencia. (Darmawan et al., 2021).

El control de operaciones ocupa establecer las políticas y los planes generales para utilizar los recursos de una empresa de modo que apoyen de forma más conveniente su estrategia competitiva a largo plazo. La estrategia de operaciones y suministro de una comercializadora es global porque está integrada a la estrategia corporativa.

La estrategia implica un proceso de largo plazo que debe fomentar un cambio inevitable. Una estrategia involucra decisiones relativas al diseño de un proceso y a la infraestructura que se necesita para apoyarlo. El diseño del proceso incluye elegir la tecnología adecuada, determinar el tamaño del proceso a lo largo del tiempo, la función del inventario dentro del proceso y la ubicación del proceso (Evtodieva et al., 2019).

Las decisiones relativas a la infraestructura incluyen la lógica asociada a los sistemas de planeación y control, los enfoques para controlar y asegurar la calidad, las estructuras para remunerar el trabajo y la organización de la función de operaciones.

(Reaidy et al., 2015) menciona que una interconexión de cadena de suministro, no se trata simplemente de la interconexión entre la propia producción, almacenes y envíos. Significa que existe una conexión entre empresas, procesos, producto semielaborado, producto terminado y sistemas de tecnologías de la información y comunicación.

La administración de inventario es un área importante en la que toda comercializadora tiene que concentrarse y diferenciarse, con la creciente demanda. Si una organización quiere sobrevivir a largo plazo, debe prestar especial atención a la cadena de suministro y al control de inventario (Ortega-Palma et al., 2020).

Para una administración de inventario efectiva en una empresa comercializadora los pronósticos son de vital importancia. El pronóstico es la base de la planeación corporativa a largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos proporcionan el fundamento para la planeación de presupuestos y el control de costos.

El marketing depende del pronóstico de ventas para planear productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. El personal de producción y operaciones utiliza los pronósticos para tomar decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, la planeación de las capacidades y la distribución de las instalaciones, así como para tomar decisiones continuas acerca de la planeación de la producción, la programación y el inventario (Ivanov. et al., 2016).

El pronóstico se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. El pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico.

Pronosticar es fundamental en cualquier planeación. En el corto plazo, se necesita un pronóstico para predecir las necesidades de materiales, productos, servicios u otros recursos para responder a los cambios de la demanda. Los pronósticos permiten ajustar los calendarios, la mano de obra y los materiales. Se requiere pronosticar como base para los cambios estratégicos, como el desarrollo de mercados nuevos, creación de nuevos productos o servicios y ampliar o construir nuevas instalaciones (Zijm. et al., 2019).

Por lo tanto, este proyecto se propone diseñar un modelo estratégico para administrar y controlar el inventario de una empresa comercializadora, utilizando las tecnologías de la Industria 4.0. El propósito del modelo de inventario es determinar de una manera racional cuánto y cuándo ordenar.

El inventario cumple muchas funciones importantes dentro de una comercializadora; pero cuando los niveles de inventario suben como resultado, el costo por almacenar y el inventario también aumentan. Entonces, se tiene que alcanzar un equilibrio óptimo al establecer los niveles del inventario. El objetivo principal del modelo de inventario es minimizar los costos del inventario basándose en las tecnologías de la Industria 4.0.

Autores como (Jabbar et al., 2018; Nayyar et al., 2020) citan que las tecnologías impulsadas por la Industria 4.0 como el Internet de las Cosas en la administración de almacenes han transformado las operaciones con el objetivo de maximizar la productividad del almacén y minimizar el costo de las operaciones. (Ortega-Palma et al., 2020) citan que, se debe tener en cuenta que la necesidad de mejorar la productividad en la cadena de suministro depende de un control de inventarios de forma inteligente.

## **1.2. Antecedentes del problema**

Hoy en día los directivos de las empresas comercializadoras han identificado que un buen control en la administración de los inventarios es fundamental para las organizaciones. La gestión de inventarios es una manera administrativa de coordinar con eficacia los materiales necesarios para una determinada actividad.

Es importante la gestión de un inventario ya que puede direccionar cómo cada producto será utilizado, donde se ubica y cuando venderlo. Con la administración de inventarios es posible crear un pronóstico para la contabilidad de la empresa, y con esto disminuir las pérdidas de un producto que no fue comprado. Por eso, implementar un modelo para la administración de inventarios podrá para mantener el equilibrio y mejorar el rendimiento de la empresa (Ghiani et al., 2013).

Tomando en cuenta que los almacenes en una organización comercializadora son muy costosos ya que representan el 50% del capital total invertido. Se define que el modelo a gestionar debe reducir costos dentro de la organización. La administración de inventarios debe mantener en línea los activos no capitalizados, y artículos de stock. Es por esto que los pronósticos son un componente fundamental dentro de la gestión de la cadena de suministro de una comercializadora (Singh & Verma, 2018).

La gestión en los inventarios supervisa el flujo de mercancías desde los fabricantes hasta los almacenes y desde los almacenes hasta el punto de venta o entrega a sucursal. Una actividad clave de la administración de inventario es mantener un registro detallado de cada producto.

Hay múltiples técnicas de administración de inventario, que va a permitir mantener los productos en la cantidad adecuada en el lugar y momento preciso. Por este motivo, el concepto se relaciona con la planificación y gestión de inventario, dando respuesta inmediata a cuándo hacer los pedidos y a cuánto ordenar, para no tener gastos de sobre-stock ni venta perdida (Chase et al., 2009).

Es fundamental en una organización contar con un equilibrio entre la cantidad de producto que entra y sale en el almacén, mediante un modelo eficaz de gestión de inventarios. Un control eficiente en un almacén va a permitir a las empresas ahorrar costos en las operaciones comerciales. Una comercializadora que no tiene una buena gestión de inventario, puede llegar a tener un exceso de existencias y un mayor número en cuanto a la parte financiera. Los almacenes con exceso de producto, con frecuencia mantienen la mercancía inmovilizada, lo que se refiere a que no se podrá vender y esto tendrá afectaciones en las empresas. Por lo contrario, si la comercializadora no cuenta con la mercancía necesaria en almacén, afecta directamente el servicio al cliente, lo cual puede perder ventas (Zijm. et al., 2019).

Por tal motivo para poder tener un equilibrio de productos, satisfacción de la demanda solicitada, y lograr una organización rentable, se deben implementar modelos y técnicas de administración de inventarios. La gestión de la cadena de suministro representa uno de los factores más críticos en la rentabilidad de una comercializadora. Un modelo de administración eficiente de la cadena permite a las organizaciones garantizar un nivel adecuado de servicio al cliente (Ivanov. et al., 2016).

El proceso de un modelo de administración de inventario consiste en supervisión del suministro, almacenamiento, accesibilidad de los productos con el objetivo de un suministro correcto y sin stock inmovilizado, la globalización económica y la gestión de la cadena de suministro han introducido un mayor nivel de volatilidad y vulnerabilidad.

(Kucharavy et al., 2018) mencionan que la decisión estratégica relativa a la evolución de la gestión de inventario debe tener en cuenta los cambios dinámicos de las operaciones y funciones, así como las características específicas del ciclo de vida del sistema.

Las tecnologías de la industria 4.0, como el Internet de las Cosas se pueden aplicar para resolver dificultades de la gestión tradicional de inventarios como la dificultad para obtener información en tiempo real, alta dependencia artificial, bajo nivel de automatización de la gestión de inventario, y controlar las entradas y salidas de mercancía (Evtodieva et al., 2019).

Implementar en una empresa comercializadora la tecnológica de la industria 4.0 para la administración de inventarios, permitirá obtener ventajas competitivas, y minimizar los recursos humanos y económicos, y mejorará la eficiencia de la gestión de inventarios (Li et al., 2015). Para disminuir el exceso de mercancía y evitar la falta de demanda, el ingeniero industrial necesita implementar un modelo de administración en los inventarios utilizando tecnología de industria 4.0, para planificar, administrar y controlar todas las operaciones de la cadena de suministro de la organización, con el objetivo de maximizar la demanda de producto y lograr una ventaja competitiva sostenible (Winkelhaus & Grosse, 2020).

La cadena de suministro describe el proceso de entrega de un servicio de principio a fin. Su objetivo fundamental es lograr la coordinación y la vinculación entre todos los procesos a lo largo de la cadena de suministro como; proveedores, los clientes y la propia organización, mejorando así el rendimiento de la cadena de suministro y reduciendo los costos. La cadena de suministro ayuda a reducir las reservas de inventario compartiendo información relacionada con la demanda y los niveles de control de inventario (Hamdy et al., 2018).

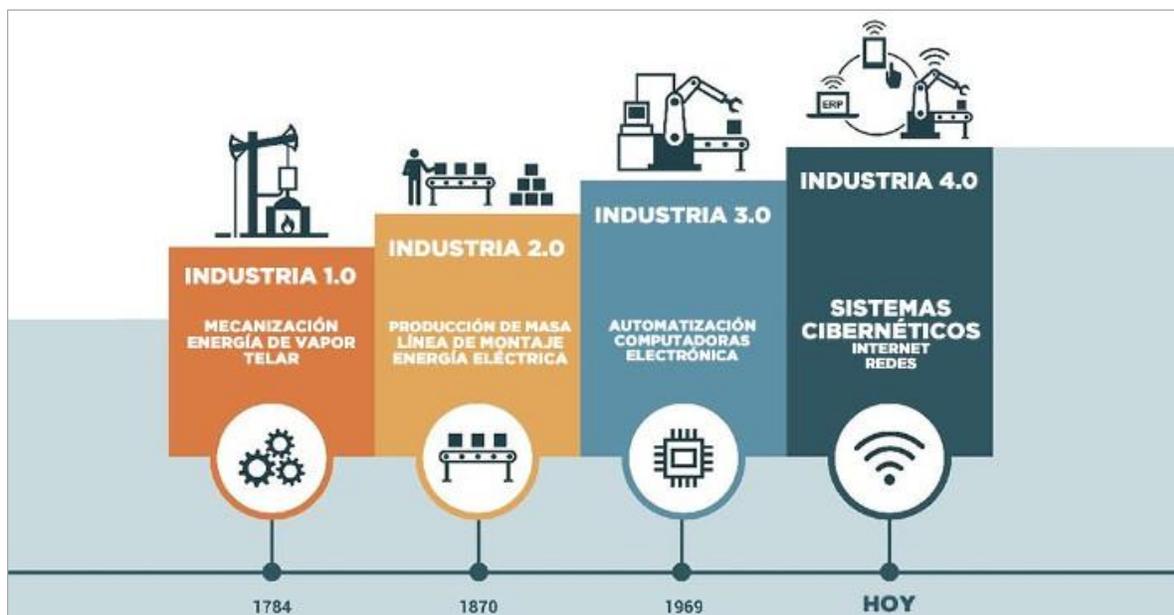
(Soheilrad et al., 2018) mencionan que desde la década de 1990, la administración de la cadena de suministro ha evolucionado rápidamente mostrando un crecimiento exponencial de interés por el cliente.

Desde la perspectiva de (Jabbar et al., 2018) mencionan que para enfrentar los desafíos del mercado globalizado altamente competitivo actualmente, la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 en las operaciones de logística y cadena de suministro pueden contribuir positivamente en la rentabilidad de la comercializadora.

Las tecnologías impulsadas por la Industria 4.0 como el Internet de las Cosas, sistemas identificación por radiofrecuencia, sensores de identificación automática y realidad

aumentada (simulación) han creado positivamente un entorno eficaz para la implementación e integración de estas en la administración de inventarios para aumentar la demanda y reducir el costo de las operaciones (Evtodieva et al., 2019).

Tomando en cuenta mejorar la demanda en la cadena de valor de una comercializadora y motivadas por el tema de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y su evolución en la administración de inventarios como se muestra en la Figura 1.1, este proyecto de tesis pretende diseñar un modelo estratégico para administrar y controlar el inventario de una empresa comercializadora a través de tecnologías de la Industria 4.0.



**Figura 1.1.** Evolución en las industrias, (Kanagachidambaresan, 2020).

### 1.3. Planteamiento del problema

Actualmente tener una buena administración de inventarios se ha convertido en un desafío en las comercializadoras, por el tiempo invertido a encontrar soluciones que permitan disminuir los problemas en los almacenes y tiempos de entrega al cliente.

La gestión de inventarios es un aspecto fundamental para una administración exitosa, puesto que dar mantenimiento a un almacén implica un costo elevado, por tal motivo las organizaciones no pueden tener stock inmovilizado.

Los almacenes representan uno de los activos de mayor importancia en las compañías comerciales como industriales, ya que constituyen a la mayor parte de ingresos, de tal forma que afecta significativamente el resultado de un período y la situación financiera de una empresa. La presente tesis se enfocará a diseñar un modelo estratégico que permita administrar el inventario y tiempos de entrega de los productos al cliente.

Lo que llevará a un beneficio a la empresa porque disminuirá el stock inmovilizado y cumplirá con las entregas en fecha establecida a sucursales con el objetivo de lograr una gestión de inventario flexible y eficaz. Aplicando las tecnologías que son utilizadas en el proceso de logística e inventario.

Tomando en cuenta que actualmente los comercializadores crean innovaciones para generar mayor competitividad y obtener mejores resultados en sus productos, aumentando la demanda y minimizando los costos.

## **1.4. Justificación**

Los inventarios son un componente fundamental de la cadena de suministro y se consideran cada vez más estratégicos para crear ventajas competitivas en una comercializadora. Se requieren de tecnologías avanzadas en la administración de gestión de inventarios a medida que aumenta la demanda, la personalización de productos, plazos de entrega más cortos, un mejor control de calidad, y la reducción de costos, con el fin de cumplir con las necesidades del cliente (Zijm. et al., 2019).

La administración de almacenes se lleva a cabo con la finalidad de desarrollar pronósticos de ventas, para así determinar los costos de inventarios, compras, recepción, almacenaje, embarque y contabilidad (Chase et al., 2009). La gestión interna sobre los inventarios es fundamental, ya que los almacenes son el aparato circulatorio de una empresa de comercialización.

El objetivo principal de una solución tecnológica en el control de los inventarios debe proporcionar transparencia y gestión de la información, la trazabilidad y localización de los productos en tiempo real para garantizar la entrega de productos en el momento, lugar, cantidad, condición y costos correctos. Por lo tanto, se requiere de un seguimiento inteligente de la cadena de suministro para facilitar a los administradores la toma de decisiones y maximizar el nivel de servicio al cliente (Bonilla et al., 2016).

Una gestión de inventario en tiempo real, con el uso de la tecnología puede llegar a ser una herramienta que brinda al cliente experiencias de venta satisfactorias, así como pronosticar y monitorear las demandas de la mercancía en las diferentes sucursales de la comercializadora, además de reducir stock inmovilizado.

El uso de la tecnología y el Internet de las Cosas en la administración de almacenes tiene como objetivo lograr que las empresas de comercialización sean optimas, eficientes, flexibles y, además, puedan atender de manera los pedidos que se requieren en las sucursales (Evtodieva et al., 2019).

En este sentido, el control de inventario es una estrategia que garantiza a las empresas de comercialización siempre tengan la cantidad adecuada en almacenes en el momento y lugar correcto, teniendo como resultado:

- Calcular el stock de seguridad.
- Calcular puntos de reorden.
- Realizar la planificación y previsión de la demanda.
- Identificar artículos obsoletos.
- Optimizar el diseño del almacén.
- Identificar el porcentaje de la tasa de llenado.
- La optimización de procesos logísticos.
- Optimiza los costos operativos.
- Minimiza trabajos manuales.
- Reduce tiempos de operación en los almacenes.

- Genera un mayor control del inventario (aumente la visibilidad en los niveles de existencias).
- Recopila y procesa datos (información) en tiempo real.
- Aumenta la demanda

Finalmente, la importancia de este proyecto tiene un enfoque principal en el diseño de un modelo de la administración de inventario para atender las necesidades dentro de una empresa de comercialización para que tengan las sucursales la mercancía que requieren para cubrir la necesidad del cliente.

Donde se aplicarán las tecnologías internet de las cosas, uso de RFID para la localización adecuada de la mercancía. Obteniendo flexibilidad, disminuir costos, reducir stock inmovilizado, menos inversión en tiempo de entregas.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo General:**

Diseñar un modelo estratégico para administrar y controlar el inventario de una empresa comercializadora, mediante la aplicación de modelos de investigación de operaciones y pronósticos.

### **1.5.2. Objetivos Específicos:**

1. Realizar una revisión de la literatura para identificar los principales avances científicos y tecnológicos que se han utilizado para administrar y controlar los almacenes.
2. Estudiar e identificar los factores críticos de éxito para la adopción de pronósticos en la administración y control de inventarios.

3. Diseñar un modelo para la administración y gestión de inventarios de forma inteligente mediante la fusión de tecnologías.
4. Validar teóricamente el modelo propuesto para analizar si se satisface la demanda en las diferentes sucursales de la comercializadora.

## **1.6. Preguntas de la investigación**

1. ¿Cuál es el estado del arte sobre la administración de inventarios y tiempos de entrega en una empresa comercializadora que existe en la literatura científica?
2. ¿Cuáles son los factores críticos de éxito para la adopción de tecnologías como el Internet de las Cosas en la administración de inventarios?
3. ¿La integración y fusión de tecnologías como el Internet de las cosas, permite una administración y control de los inventarios de forma inteligente?
4. ¿Implementar tecnologías como Internet de las cosas proporcionará ventajas competitivas?

## **1.7. Hipótesis**

Hoy en día las empresas de comercialización se encuentran con mayor competitividad en el mercado, lo cual genera que se enfrenten a grandes desafíos en la administración de inventarios y tiempos de entrega en sus diferentes sucursales, para cumplir con las necesidades del cliente. Por lo tanto, el uso de modelos de investigación de operaciones para políticas de inventario y modelos de pronósticos para las ventas, así como el uso de tecnología permitiría administrar y controlar los inventarios de manera eficiente para satisfacer las demandas de los clientes. La hipótesis de este proyecto es:

- H1: La aplicación de modelos de investigación de operaciones y pronósticos en el control de inventarios, permite una administración más eficiente que satisface las demandas del mercado y permite la disminución de stock en los almacenes.

## **1.8. Alcance**

- En este trabajo se hará un análisis exhaustivo en la literatura existente para identificar metodologías, técnicas y tecnologías que se han aplicado en la administración y control de inventarios.
- En segunda instancia se hará un diagnóstico situacional de la administración del inventario de una empresa de comercialización para identificar las áreas de oportunidad que existe en el control de almacenes.

## **1.9. Limitaciones**

- La recopilación de la información para el diagnóstico situacional estuvo sujeta a la información que proporcionó la empresa de comercialización.

## **1.10. Organización del trabajo**

La presente tesis está dividida en cuatro secciones o capítulos, en cada uno de ellos se describe de manera descriptiva, ordenada y científicamente el desarrollo del trabajo para cumplir con el objetivo. El orden que sigue este trabajo se describe brevemente a continuación:

Sección 1: Titulada como “Construcción del objeto de estudio”. En esta sección se realiza una revisión de la literatura para realizar el planteamiento del problema, además se establece el propósito de la investigación, el objetivo general y objetivos específicos, la justificación, alcances y limitaciones.

Sección 2: Denominada como “Estado del Arte”. Aquí se presenta la teoría sobre la cual se basa el proyecto de tesis, en donde se establecen conceptos y se identifican las principales políticas de inventario, modelos de inventarios y pronósticos. Además, se proporciona el marco referencial sobre los últimos avances en metodologías, técnicas y tecnologías que se han aplicado en la administración de inventarios.

Sección 3: Titulada como “Propuesta de Intervención”. En esta etapa se busca identificar el modelo estratégico para la administración y control de inventarios con el propósito de analizar los principales elementos y recursos que conforman la administración de un almacén, para lo cual se deberá identificar los pronósticos de ventas de la comercializadora, disponibilidad de recursos, abastecimiento, recolección y costos logísticos.

Sección 4: Denominada como “Resultados y Conclusiones”. En este apartado se mostrarán los resultados de la estrategia propuesta para administrar y controlar los inventarios de la empresa comercializadora. Además, se presentará las conclusiones de este proyecto de tesis, así como la bibliografía en la que se fundamenta esta investigación.

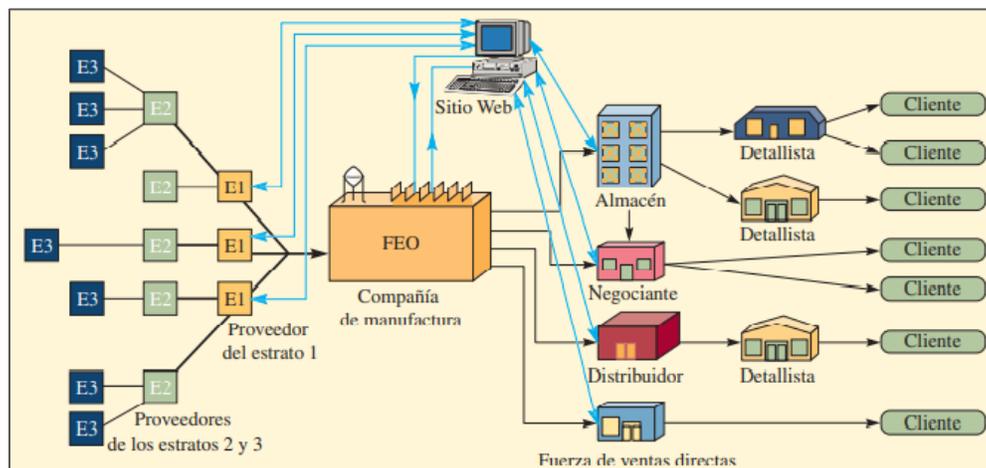
## Capítulo II: Estado del Arte

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1. Administración de operaciones y suministro (AOS)

La administración de operaciones y suministro (AOS) se entiende como el diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa (Zijm. et al., 2019).

La AOS, al igual que el marketing y las finanzas, es un campo funcional de la empresa que tiene una clara línea de responsabilidades administrativas. La siguiente figura muestra una cadena de valor, donde implica una serie compleja de interacciones de negocios y configuraciones de canales. La web es una tecnología clave que permite una comunicación eficiente a lo largo de toda la cadena (Ivanov. et al., 2016).



**Figura 2.1.** Administración de sistema completo, (Zijm. et al., 2019).

Como se muestra en la Figura 2.1. la AOS se refiere a la administración del sistema completo que produce un bien o entrega de un producto. La producción de un artículo, como un teléfono celular, o la prestación de un servicio, como una cuenta de teléfono celular, implica una serie compleja de procesos de transformación.

La figura presenta una red de suministro de un fabricante de equipo original (FEO), como Nokia. Por ejemplo, los proveedores compran materias primas y producen partes para el teléfono. La planta manufacturera de Nokia integra estas partes y arma los distintos modelos de teléfonos celulares que son tan populares.

Recibe, por Internet, los pedidos de los teléfonos que colocan los distribuidores, intermediarios y almacenes ubicados en todo el mundo. Los detallistas locales trabajan directamente con los clientes para abrir y administrar las cuentas de los teléfonos celulares. La AOS se encarga de administrar todos estos procesos individuales de forma tan efectiva como puede.

## 2.2. Procesos de transformación en la cadena de suministro

Las empresas de comercialización utilizan procesos de transformación. Estos utilizan recursos para convertir los insumos en un producto deseado. Los insumos pueden ser una materia prima, un cliente o un producto terminado de otro sistema. La Tabla 2.1 contiene ejemplos de distintos tipos de procesos de transformación en campos variados.

**Tabla 2.1.** Relaciones de insumos- transformación-producto para sistemas típicos.

<b>Sistemas</b>	<b>Insumos primarios</b>	<b>Recursos</b>	<b>Función (es) primaria (s) de la transformación</b>	<b>Producto típico deseado</b>
Hospital	Pacientes	Médicos, enfermeras, suministros, médicos, equipos	Atención médica (Fisiológica)	Individuos sanos
Restaurante	Clientes	Comida, chef, meseros, ambiente	Alimentos bien y servidos correctamente, ambiente agradable	Comensales satisfechos

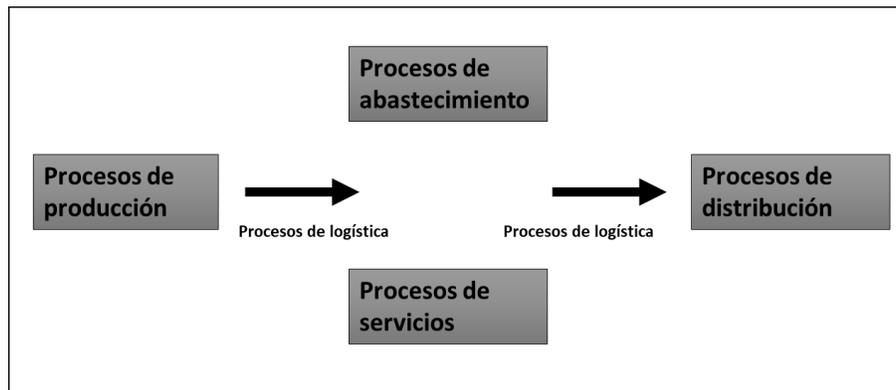
					( física e intercambio).
Fábrica de automóviles	de Acero laminado, partes de motor	Herramientas, equipamiento, obreros	Fabricación y armado de autos gran calidad (física)		Automóviles de
Instituto o universidad	Graduados	Profesores, libros, aulas	Impartir conocimiento y habilidades (informativa)		Individuos con estudio
Tienda de departamentos	Compradores	Vitrinas, existencias de bienes, dependientes	Atraer compradores, promover productos, surtir pedidos		Ventas a clientes satisfechos.
Centro de distribución	Unidades que se tienen existencias	Cajones para almacenar, seleccionadores de existencias	Almacenaje y redistribución		Entrega expedita, disponibilidad
Línea aérea	Viajeros	Transporte a un destino	Transporte a un destino		Transporte seguro y puntual al destino

En general, los procesos de transformación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Físicos (como la manufactura).
- De ubicación (como el transporte).
- De intercambio (como las ventas al detalle).
- De almacenaje (como en los almacenes).
- Fisiológicos (como en los servicios médicos).
- Informativos (como en las telecomunicaciones).

Las transformaciones no son excluyentes. La administración de operaciones y suministro trata de cómo diseñar estos procesos de transformación. En el contexto de las

cadenas de suministro, la Figura 2.2. describe algunos procesos especializados dentro de las distintas partes de la cadena de suministro. Las compañías se esfuerzan por encontrar “la mejor manera” de desempeñar cada tarea o, como suele decirse, las mejores prácticas.



**Figura 2.2.** Procesos de la cadena de suministro en la administración de operaciones y suministro.

Cada función se puede desempeñar de distintas maneras y se presentan muchos retos importantes en el desempeño que es preciso considerar. Por ejemplo, los procesos de abastecimiento se refieren a la forma en que una compañía compra las materias primas y otros bienes necesarios para apoyar los procesos de fabricación y servicios. Los procesos de abastecimiento van desde los artículos que se adquieren por licitación hasta los que simplemente se compran por catálogo.

Los mejores procesos dependerán de factores como el volumen, el costo y la velocidad de entrega. Los procesos logísticos se refieren a las distintas maneras de trasladar ese material. El mejor proceso depende de factores como el volumen, el costo y la velocidad de transporte. Los procesos para trasladar los materiales a procesos de manufactura o servicios se conocen como la “logística interna” y el movimiento a los centros de distribución es la “logística externa”.

Los procesos de distribución están relacionados con las funciones del almacén. Algunos de ellos son el almacenaje del material, la forma en que éste es recogido y empacado para su entrega, y los métodos para moverlo en el interior del almacén.

Los procesos del abastecimiento, la logística y la distribución enlazan los elementos de la cadena de suministro y deben estar muy bien coordinados para que sean efectivos. Los procesos de producción y servicios se vinculan con la producción de los bienes y los servicios que desean diferentes clases de consumidores.

### **2.3. Estrategia de operaciones y suministro**

Estrategia de operaciones y suministro se ocupa de establecer las políticas y los planes generales para utilizar los recursos de una empresa de modo que apoyen de forma más conveniente su estrategia competitiva a largo plazo. La estrategia de operaciones y suministro de una empresa es global porque está integrada a la estrategia corporativa. La estrategia implica un proceso de largo plazo que debe fomentar un cambio inevitable. Una estrategia de operaciones y suministro involucra decisiones relativas al diseño de un proceso y a la infraestructura que se necesita para apoyarlo.

La estrategia de operaciones y suministro forma parte del proceso de planeación que coordina las metas de las operaciones y las de la organización general. Dado que las metas de la organización general cambian con el transcurso del tiempo, la estrategia de las operaciones se debe diseñar de modo que anticipe las necesidades futuras.

Dentro de la estrategia de operaciones y suministro se encuentra la velocidad de la entrega, En algunos mercados, la capacidad de la empresa para entregar su producto con mayor rapidez que sus competidores es fundamental.

Otro punto importante dentro de la misma es la ambigüedad, que se presenta cuando una compañía pretende acoplar los beneficios de una posición exitosa y, al mismo tiempo, mantener otra posición existente.

Desde el punto de vista de (Ghiani et al., 2013) las empresas y la logística se consideran un sistema que incluye todas las actividades funcionales que determinan el flujo de materiales e información indispensable para la ejecución de determinadas actividades. Un sistema logístico está formado por instalaciones en las que se realizan una o varias actividades funcionales.

El almacenamiento es una actividad logística clave que ha adquirido un papel cada vez más determinante en la organización de los sistemas logísticos. Esta actividad se refiere a una instalación específica del sistema logístico, identificada genéricamente con el término de almacén, aunque existen diferentes denominaciones más específicas según su funcionalidad y a su posicionamiento dentro del sistema logístico (Zijm. et al., 2019).

Es necesario conocer las siguientes definiciones:

- *Almacén propio:* es la solución menos costosa a largo plazo, principalmente en el caso de productos continuos de alta demanda, y es la única solución posible en el caso de que las operaciones de control de inventario requieran equipos y personal altamente especializados. Además, puede utilizarse como zona de aparcamiento para los vehículos de la empresa o como base para la oficina de ventas o compras.
- *Almacén alquilado:* ofrece los mismos servicios que un almacén en propiedad, pero no necesita inversiones a largo plazo y, por tanto, es menos costoso a corto plazo. Debe preferirse cuando se prevea una reorganización del sistema de distribución a medio plazo.
- *Almacén público:* es frecuente encontrarlo en zonas como puertos y aeropuertos. Este tipo de almacén cuenta con un equipamiento estándar para satisfacer las necesidades generales y comunes, por lo que es poco adecuado para usos muy especializados. Sus costos son directamente proporcionales a la superficie ocupada en el almacén, al tiempo de utilización y a los servicios utilizados. Esta solución permite un rápido ajuste de la estructura del sistema logístico.
- *Depósito:* es un área de almacenamiento de materias primas, productos semielaborados y productos utilizados prevalentemente para garantizar a la empresa la correcta realización de las fases de fabricación.

- *Almacén central:* es un almacén que, además de almacenar, asegura la distribución de los productos a los clientes, posiblemente mediante el uso de zonas periféricas de zonas.
- *Almacén periférico:* es un almacén servido por un almacén central y utilizado para la distribución de los productos a los clientes. Su objetivo es garantizar una mejor calidad del servicio al cliente.
- *Centro de distribución:* se utiliza principalmente en la gran distribución para el almacenamiento de productos procedentes de diferentes fabricantes.
- *Almacén automático:* es un almacén en el que las unidades de carga, recepción y de carga en la zona de almacenamiento están automatizadas, normalmente mediante el uso de una máquina electromecánica que se desplaza sobre raíles.
- *Almacén de repuestos:* se utiliza para almacenar los consumibles, las herramientas necesarias para que una planta de fabricación funcione eficazmente.
- *Depósito aduanero:* es un depósito gestionado por una autoridad donde las mercancías proceden de estados extranjeros y se almacenan a la espera de que se realicen operaciones aduaneras regulares.

(Chase et al., 2009) menciona que las ventajas de los almacenes en un sistema logístico están relacionadas esencialmente con el almacenamiento y la expedición de productos. En particular, gracias a los almacenes la producción se disocia de la demanda, lo que contribuye a atenuar los efectos de la falta de fiabilidad de los datos de previsión de la demanda de productos, de la falta de fiabilidad de las plantas de fabricación y los servicios de transporte, de la estacionalidad de los productos etc.

El almacén permite a las empresas garantizar un ritmo de producción regular para minimizar los costos, manteniendo un nivel de existencias suficiente para satisfacer la variabilidad de la demanda. Además, los almacenes garantizan la utilización de los mejores medios de transporte desde un factor económico tanto en la fase de recepción, como en las operaciones de entrega posteriores.

Además, el transporte de cantidades agregadas de productos permite reducir los volúmenes de transporte con respecto a las expediciones individuales, ya que los datos de previsión agregados de la mayoría de los productos son más fiables que los datos desagregados (Ghiani et al., 2013).

Por último, cabe señalar que a medida que aumenta el número de almacenes, la distancia entre ellos y los clientes disminuye, mientras que la distancia total de las instalaciones anteriores en el sistema logístico aumenta.

En consecuencia, los costos de transporte de entrada aumentan, pero cuando los vehículos viajan totalmente los costes de transporte de salida disminuyen más rápidamente que los de entrada, lo que garantiza un mejor servicio para los clientes, lo que garantiza un mejor servicio para el cliente, ya que los plazos de entrega se reducen (Chase et al., 2009).

Sin embargo, la apertura y gestión de un almacén con lleva inevitablemente costos que se pueden clasificar convenientemente de la siguiente manera:

- *Costos de inversión:* se pagan en la fase de creación de la actividad logística de un almacén y son, por ejemplo, el costo de adquisición de la propiedad, el costo de planificación y el costo del equipamiento.
- *Costos de explotación:* son los costos asociados a la gestión de las unidades de carga almacenadas en el almacén y a su manipulación. Son los costos ligados a las actividades de recepción de materias primas, productos semielaborados y de recepción de productos acabados y semi acabados y de preparación de pedidos, los costes de embalaje, los administrativos y las tasas de depreciación.

- *Costos del riesgo*: el costo total del riesgo puede calcularse considerando tanto los riesgos operativos como los comerciales. Los costos de los riesgos operativos se refieren, por ejemplo, a los productos que pueden quedar obsoletos en un plazo determinado, a los productos dañados y a los desabastecimientos. Los costos de los riesgos comerciales se refieren, en cambio, a las pérdidas de ventas a los clientes.
- *Costos de funcionamiento*: se refieren al consumo de energía, al mantenimiento de las instalaciones, las pólizas de seguro, las medidas de seguridad, etc.

Se pueden utilizar varios indicadores para evaluar el rendimiento de un almacén, la capacidad de explotación del espacio de almacenamiento disponible (Oliver & Webber, 1982). Los siguientes parámetros de utilización del espacio son los siguientes:

1. Índice de utilización de la superficie, definido por la relación entre la superficie efectivamente utilizada para almacenar unidades de carga respecto a la superficie total del almacén.
2. Índice de utilización del volumen, dado por la relación entre el volumen ocupado por las unidades de carga almacenadas y el volumen total del almacén.

La capacidad potencial del almacén de gestionar unidades de carga se evalúa mediante los siguientes índices (Nakano, 2020):

1. La receptividad potencial, dada por el número máximo de unidades de carga almacenables; se trata de una medida estática de la capacidad del almacén.
2. Rendimiento, expresado por el número máximo de unidades de carga en tránsito en el almacén en una unidad de tiempo determinada; este parámetro expresa la capacidad dinámica del almacén.

La eficiencia del almacén puede evaluarse por su capacidad de explotación. Puede calcularse mediante los siguientes parámetros (Singh & Verma, 2018):

- Coeficiente de saturación de la receptividad potencial, que representa un porcentaje de la receptividad potencial teórica normalmente utilizable en un periodo de referencia (diario o mensual), y se define como la relación entre el número de unidades de carga presentes por término medio en el almacén dentro del período de tiempo considerado, a la receptividad potencial.
- Índice de selectividad, expresado por la relación entre el número de unidades de carga directamente accesibles. Una selectividad baja selectividad suelen indicar un elevado número de operaciones de manipulación de materiales necesarias para recoger las mercancías que componen las unidades de carga salientes (Chase et al., 2009). Los valores bajos reflejan la posibilidad de producir un menor flujo de productos en comparación con los almacenes que tienen las mismas características físicas, pero valores de selectividad más elevados.
- Índice de acceso, expresado por la relación entre el número de operaciones de manipulación de materiales en el período de referencia considerado (día, mes o año) con respecto a la receptividad potencial del almacén. Indica la frecuencia con la que las operaciones de manutención (Zijm. et al., 2019).

Los almacenes con índices de acceso elevados son, por tanto, almacenes muy dinámicos, en los que la mercancía almacenada se caracteriza por un tiempo reducido de permanencia en el almacén y, por lo tanto, se manipulan con frecuencia; por el contrario, los almacenes con un índice de acceso bajo son almacenes más estáticos, con operaciones de manipulación de materiales menos frecuentes.

- El índice de rotación de las existencias, que se calcula como la relación entre el valor de las salidas de mercancías en un periodo de tiempo determinado con respecto al valor del nivel medio del nivel de inventario en el almacén en el mismo horizonte

temporal. El índice de rotación es, por tanto, un número adimensional que, definido así, expresa el grado de manera, el grado de movilidad de los capitales inmovilizados en stock (Ivanov. et al., 2016).

## **2.4. Problemas de toma de decisiones**

Las decisiones relativas al diseño, organización y gestión del almacén desde el punto de vista de la planificación logística pueden clasificarse en estratégicas, tácticas y operativas.

El diseño de un almacén o la reorganización de uno existente es un problema de planificación logística cuyo objetivo es la minimización de la suma de los costos estimados de inversión, gestión, riesgo y operación para un conjunto dado de los flujos de materiales entrantes y salientes, en presencia de limitaciones en la disponibilidad de espacio, capital y mano de obra.

Un estudio de diseño completo prevé, entre otras, las siguientes fases de decisión:

- Selección del emplazamiento;
- Elección de los sistemas de almacenaje;
- Elección de la distribución del almacén.

## **2.5. Sistemas de identificación**

Son sistemas para la codificación de los paquetes dentro del almacén mediante códigos que pueden ser escaneados por dispositivos automáticos. La codificación de los bultos es de fundamental importancia para la gestión informatizada del almacén. Los principales sistemas de identificación son: códigos de barras, etiquetas logísticas y etiquetas inteligentes basadas en tecnología de radiofrecuencia (Zhou et al., 2017). (Manthou & Vlachopoulou, 2001) mencionan que debemos tener en cuenta las siguientes definiciones:

- *Códigos de barras:* el código de barras es la conversión óptica de un código numérico o alfanumérico que se utiliza para identificar un paquete. Esta conversión óptica está se representa mediante una secuencia alternada de barras verticales y espacios.
- *Los escáneres ópticos:* utilizan una fuente de luz que ilumina la superficie del código permitiendo que un sensor adecuado registre las variaciones del rayo reflejado. En cada paso, éstos realizan un único escaneo del código.
- *El escáner láser:* explora repetidamente la superficie codificada en cada paso, tomando una serie de imágenes que permiten una mayor precisión de la exploración y, por tanto, una menor sensibilidad a las variaciones de las características de la propia superficie. Esto permite el escaneo de códigos compactos, a alta intensidad, también en paquetes en movimiento.
- *Etiquetas logísticas:* la etiqueta logística registra información, tanto en formato legible (caracteres, números y elementos gráficos) como en forma de código de barras, se muestra en la Figura 2.3 los diferentes tipos de etiquetas logística existentes.



(a) Código de barras.

(b) Etiqueta logística.

**Figura 2.3.** Etiquetas, (Ghiani et al., 2013).

También en lo que respecta a las entidades que participan en las operaciones de manipulación de materiales como proveedores, cargadores y clientes. La etiqueta también contiene información relacionada con el tamaño del paquete, el código EAN de cualquier envase que deba devolverse, el precio por unidad de medida, el código de referencia para cualquier oferta económica asociada a la mercancía, etc (Bonilla et al., 2016).

- *Etiquetas inteligentes:* son los principales componentes de un sistema de identificación automática que se basa en la tecnología RFID y se conoce como etiqueta o transpondedor.

## **2.6. RFID**

La tecnología RFID tuvo sus inicios en el sector logístico, de defensa y seguridad. El RFID se compone de una etiqueta, un lector, middleware, programadores e impresoras para tags específicos, permitiéndole al sistema que funcione, en la figura 2.2 se muestran ejemplos de etiquetas RFID. Una señal de radio es la etiqueta RFID, donde se han grabado los datos del objeto al que está adherida. Un lector físico se encarga de recibir esta señal, transformarla en datos y transmitir dicha información a la aplicación informática específica que gestiona RFID (Zhou et al., 2017).

El tamaño de la etiqueta, el nivel de almacenaje, la facilidad de rastrear objetos sin tener contacto y la durabilidad en condiciones adversas favorece la utilización de esta tecnología (Fan et al., 2014). Existen diversos segmentos de etiquetas con usos variados para la actividad que se desea realizar con ella.

La estandarización favorece el desarrollo de sistemas RFID que puedan trabajar entre sí, facilitando la incursión de estos en un ambiente internacional. Algunos ejemplos conocidos dentro de las empresas comercializadoras se muestran en la Figura 2.4.

Las normas ISO se pueden dividir por los tipos de productos a los que estas se aplican:

- Privacidad
- Seguridad



**Figura 2 4.** Ejemplo de etiquetas RFID, (Ghiani et al., 2013).

Una etiqueta RFID puede ser activa o pasiva. Las etiquetas pasivas, que son más económicas extendidas, están formadas por una antena de aluminio o cobre, un microchip y un soporte para la protección de este chip. No tienen una batería y no requieren mantenimiento. Las etiquetas pasivas están hechas para transmitir un código de serie único cuando reciben un estímulo electromagnético adecuado (Zhou et al., 2017).

La tecnología RFID puede desempeñar un papel importante en la infraestructura del Internet de las Cosas como medio de comunicación y proveedor de datos para los actores de la cadena de suministro. Las plataformas de inteligencia ambiental permiten al Internet de las Cosas conectar diferentes objetos del mundo físico a la infraestructura de TI y, por tanto, ser supervisados y potencialmente controlados (Fan et al., 2014).

Las tecnologías del Internet de las Cosas son capaces de mejorar el nivel de gestión, reducir los costos de funcionamiento y mejorar la calidad del servicio. La combinación exacta entre el sistema de gestión de almacenes con las tecnologías del Internet de las Cosas, como lo son el RFID y lector de código de barras; presenta un sistema de almacén inteligente, simplificando el proceso de inventario de mercancías y la mejora del nivel de gestión de la automatización de los almacenes (Bonilla et al., 2016).

En el ámbito de la logística, la inteligencia ambiental se ha asociado a la tecnología RFID para mejorar el proceso de los almacenes, la gestión de los accidentes en el almacén y la interacción con los productos que se manipulan a lo largo de la cadena de suministro; confirman que el procesamiento logístico mediante sistemas RFID aplicables puede mejorar el servicio al cliente y reducir los costos de procesamiento logístico. Además, la combinación de estas tecnologías proporciona una supervisión y un control automatizados de los recursos y procesos de la industria (Reaidy et al., 2015).

El Internet de las Cosas y RFID da como resultado:

- La optimización de procesos logísticos.
- Optimiza los costos operativos.
- Minimiza trabajos manuales.
- Reduce tiempos de operación en los almacenes.
- Genera un mayor control del inventario (aumente la visibilidad en los niveles de existencias).
- Recopila y procesa datos (información) en tiempo real.
- Genera mayor presión de la información sobre la trazabilidad y rastreo de la materia prima.
- Aumenta la seguridad de los trabajadores.
- Aumenta la productividad.

La etiqueta, como ya se ha señalado, se activa mediante un campo electromagnético generado por el escáner (lector), que es el dispositivo electrónico utilizado para el intercambio de información con la propia etiqueta. Los lectores pueden ser portátiles y son utilizados por los operadores o se instalan en los vehículos, integrados con una antena. Los

lectores RFID fijos se integran con grupos de antenas como puertas, portales o túneles (Zhou et al., 2017).

Las economías de escala pueden hacer que un inventario sea deseable aun cuando sea posible balancear el suministro y la demanda. Existen ciertos costos fijos asociados con la producción y la compra; éstos son los costos de preparación y los costos de ordenar, respectivamente. Para recuperar este costo fijo y reducir el costo unitario promedio se pueden comprar o producir muchas unidades. Estos tamaños de lote grandes se ordenan con poca frecuencia y se colocan en inventario para satisfacer la demanda futura (Fan et al., 2014).

El servicio a clientes es otra razón para mantener un inventario, el inventario se forma para poder cumplir de inmediato con la demanda, lo que lleva a la satisfacción del cliente. El proceso de reabastecimiento es otra fuente de incertidumbre que puede justificar mantener un inventario de seguridad. El que transcurre entre emitir una orden y recibirla. Cuando el tiempo de entrega es incierto, puede ser que no se reciba la orden en la fecha planeada. El inventario de seguridad ofrece cierta protección contra un paro en la producción por la incertidumbre en el tiempo de entrega (Chase et al., 2009).

El ambiente de demanda se puede clasificar en dos grandes categorías: determinístico o estocástico e independiente o dependiente:

1. *Determinístico o estocástico*: determinístico significa que se conoce con certidumbre la demanda futura de un artículo en inventario; esta demanda aleatoria se llama estocástica. Cada caso requiere un análisis diferente. El caso estocástico es más realista, pero su manejo es más complicado.
2. *Demanda independiente o dependiente*: la demanda de un artículo no relacionada con otro artículo y afectada principalmente por las condiciones del mercado se llama demanda independiente.

## 2.7. Tipos de etiquetas

La etiqueta RFID recibe una señal electromagnética que es emitida por un lector, y responde a ella mediante otra señal en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta. El circuito integrado en este proceso es un circuito mixto, es decir analógico- digital. La parte analógica se encarga de controlar la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia. Por otro lado, la parte digital gestiona la información almacenada en la etiqueta.

Hay una variedad de etiquetas RFID, existiendo diferentes tipos de la fuente de energía que utilicen, la forma física que posean, el mecanismo que utilicen para almacenar datos, la cantidad de datos que puedan almacenar, la frecuencia de funcionamiento o de la comunicación que utilizan para transmitir la información al lector. Gracias a esto es posible elegir la etiqueta más adecuada para cada aplicación específica (Zhou et al., 2017).

Existen etiquetas de primera generación las cuales trabajan a 64 bits, y de segunda generación que funcionan a 96 bits, que son las que se emplean actualmente.

Las etiquetas de RFID por frecuencia determinan el radio de alcance de las tarjetas al estar ubicadas en su posición de almacen. Esto requiere decir que a menor frecuencia, menos alcance. Se presenta en la Tabla 2.2 los tipos de frecuencia de las etiquetas RFID.

**Tabla 2.2.** Etiquetas RFID por Frecuencia.

FRECUENCIA	Denominación	Rango
125 kHz – 134 kHz	LF (Baja frecuencia)	Hasta 45 cm
1.75 MHz -13.56 MHz	HF (Alta frecuencia)	De 1 a 3 m
400 MHz – 1000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m
2.45 GHz – 5.4 GHz	Microondas	Más de 10 m

RFID es identificación por radiofrecuencia, una identificación automática sin contacto. Puede identificar automáticamente el objetivo a través de una señal de radiofrecuencia y obtener los datos relacionados con el objeto. Al transmitirlos al sistema

informático, estos datos pueden completar el seguimiento, la identificación, el almacenamiento, la detección y otros procesos.

Cuando la etiqueta entra en la zona de inducción del campo magnético y emite la información transportada al lector y el lector obtendrá la información mediante el envío de una determinada frecuencia de radio a través de antena y transmite la información al ordenador central para su procesamiento (Liu & Geng, 2016).

(Liu & Geng, 2016) menciona que las características de la RFID, puede proporcionar el reconocimiento individual más directo y se considera importante en las tecnologías clave del Internet de las cosas. La misma tecnología puede utilizarse en el sistema logístico moderno, que no sólo puede mejorar la capacidad de de carga y descarga, inventario, seguimiento de productos en la empresa de logística, sino que también puede adquirir la Investigación de la arquitectura del sistema de almacenamiento inteligente basado en el IOT. También puede proporcionar un mejor servicio al cliente y sentar las bases para la realización de un sistema logístico automático e inteligente.

El sistema de almacenamiento es un sistema muy complicado, que requiere una gestión unificada del hardware, software y mercancías en el almacén para lograr una inteligente gestión del almacén. Para realizar la sincronización del flujo de información de datos y el flujo real en el proceso de gestión del almacén en el tiempo y el espacio (Zhou et al., 2017).

La arquitectura del sistema debe prestar atención a los diversos aspectos de la información de la operación, como la carga, el procesamiento, el análisis sintáctico y la encapsulación, para mantener la integridad de la información y acelerar la carga y procesamiento de los datos, para que los datos se puedan asociar rápidamente a la información empresarial superior y proporcionar datos eficaces.

Un prototipo de sistema de almacén inteligente se extrae de acuerdo con la investigación de la función empresarial, basándose en la arquitectura. Para mejorar el nivel de la tecnología de la información y acelerar el funcionamiento del almacén (Liu & Geng, 2016; Zhou et al., 2017).

## 2.8. Lector de código de barras

La aplicación de la tecnología al almacén no se limita a la gestión de las instalaciones y las mercancías o a la comunicación con los operarios, también se emplea en la identificación de los artículos que se manejan.

Este tipo de sistema de identificación consiste en la impresión gráfica de unas barras en unas etiquetas (que después son pegadas a los artículos) o en los propios embalajes o envases. La generación de estas barras siguen unos estándares de codificación homologados, que actualmente son el EAN-13 y el EAN-128.

Cuando las barras son escaneadas (leídas) con un terminal láser, éste interpreta los datos e informa al software de gestión. Este sistema de etiquetado se emplea, además de para los artículos, como se observa en la Figura 2.5, para identificar las ubicaciones de los racks, así como las tarimas o contenedores.



**Figura 2.5.** Etiqueta con código de barras EAN-13, (Manthou & Vlachopoulou, 2001).

Todos los sistemas automáticos, tanto de gestión como de movimiento, necesitan disponer de estos códigos para realizar la comunicación de los datos relativos a la carga que se maneja en cada momento.

En la actualidad, la gran mayoría de los productos llevan grabado o impreso un código de barras o integran un chip de RFID (un identificador que utiliza la radiofrecuencia para transmitir los datos). Uno u otro sistema permiten identificar cada unidad que se gestiona en el almacén mediante lectores láser o de radio, respectivamente.

Por otra parte, el desarrollo e implementación de un sistema de código de barras afecta a el control de inventario de una empresa. El código de barras no debe identificarse como la solución antes de definir los objetivos de la empresa; los objetivos típicos pueden ser la reducción de errores, los datos para el control de inventarios, la determinación de la política de marketing y la mejora del servicio al cliente (Manthou & Vlachopoulou, 2001).

(Manthou & Vlachopoulou, 2001; Singh & Verma, 2018) mencionan que un sistema de código de barras propuesto no se debe convertir en un cuello de botellas operativo. El sistema de código de barras deberá interactuar con otros sistemas, al igual que la interacción con los usuarios de la organización, desde la gestión de ventas y distribución, hasta el almacén, logística, contabilidad y gestión de la producción. La selección de hardware y software para un sistema de código de barras depende del entorno de la empresa, criterios requeridos de la información actualizada de la empresa, la cantidad que se deberá enviar a una sola transmisión, el entorno de trabajo y el presupuesto. El efecto de la estructura de datos en el resto del sistema es el tiempo de la transmisión al ordenador central.

Hay que tener en cuenta que estos sistemas nunca son independientes, y si no se utiliza una buena técnica de planificación en la fase de diseño podría ocasionarse problemas de integración. De tal forma que será necesario una solicitud de propuestas que garantizará que tanto el equipo como el proveedor entiendan lo que se va a entregar (Manthou & Vlachopoulou, 2001).

## **2.9. Costos de inventario**

Se define un inventario como una "cantidad de un bien"; como tal, incurre en costos. El costo de compra es obvio. Otros tipos de costos son el costo de ordenar (de preparación), el costo

de almacenaje, el costo por faltantes y el costo de operación del sistema. Se explicará cada uno en detalle.

El costo de compra es el costo por artículo que se paga a un proveedor (llamado también costo de materiales). Sea “ $c$ ” el costo unitario y “ $Q$ ” el número de unidades compradas (tamaño del lote). Entonces el costo total de compra es  $cQ$ . En algunos casos el proveedor tiene una tabla de costos basada en la cantidad comprada. Este costo unitario es una función de  $Q$  y el costo de compra es una función más compleja.

Si se fabrica una unidad,  $c$  incluye tanto el costo del material como el costo variable para producirla. El costo total de manufactura para un lote de producción es  $cQ$ .

Un costo de ordenar es aquel en que se incurre cada vez que se coloca una orden con el proveedor. Es independiente del tamaño del lote que se compra y, por lo tanto, es un costo fijo denotado por  $A$ .

Para un lote fabricado, el costo fijo está dominado por el costo de preparación, que incluye el costo de preparar la máquina para la corrida de producción (tiempo ocioso de la máquina y mano de obra) y quizá algunos costos de materiales para el arranque debido a rechazos iniciales. Se usa la misma notación,  $A$ , para el costo de preparación.

El costo total de comprar o producir un lote es

$$A + cQ$$

El inventario compromete el capital, usa espacio y requiere mantenimiento, y todo cuesta dinero. Esto se llama costo de almacenaje o de mantener el inventario e incluye lo siguiente:

- Costo de oportunidad
- Costos de almacenaje y manejo
- Impuestos y seguros
- Robos, daños, caducidad, obsolescencia, etcétera.

El costo de almacenar comienza con la inversión en el inventario. El dinero comprometido no puede obtener rendimientos en otra parte. Este costo es un costo de oportunidad, que por lo general se expresa como un porcentaje de la inversión. El valor más bajo de este costo de por oportunidad es el interés que ganaría el dinero en una cuenta de ahorros. La mayor parte de las empresas tienen mejores oportunidades que las cuentas de ahorros y muchas tienen una tasa mínima de retorno, que usan para evaluar inversiones, normalmente llamada costo de capital. La misma tasa se puede usar como parte del costo de mantener el inventario.

Los costos se calculan como un porcentaje de la inversión en inventario y se suman al costo de oportunidad, esto genera el costo total de mantener el inventario. Entonces, si el costo de capital es 25% anual y otros tipos de costo suman un 10% adicional, el costo total de almacenaje será 35%. Es decir, por cada dólar invertido en inventario, durante un año, se pagan 35 centavos. Se define:

$$i = \text{costo total de mantener inventario (expresado como porcentaje)}$$

Éste es el costo de mantener \$1 de inventario durante una unidad de tiempo. Debido a que el inventario casi siempre se mide en unidades y no en dólares, y recordando que el costo de una unidad es  $c$ .

El inventario es, en términos básicos, una entidad de servicio. Si el inventario satisface la demanda cuando ocurre, entonces el servicio es perfecto; de otra manera hay problemas con el servicio. Proporcionar un alto nivel de servicio no es gratis.

El estudio de los sistemas de inventarios es un análisis de trueques entre los beneficios y los costos de mantenerlos. La meta es maximizar los beneficios al mismo tiempo que se minimiza el costo, una difícil misión. Esa meta es aún más compleja cuando el inventario contiene muchos artículos diferentes. Primero se estudian los costos; los beneficios se ven como un costo de oportunidad. Más adelante se examinan los modelos que hacen alusión al beneficio de los servicios.

Existen dos enfoques para medir la efectividad, un enfoque de modelado y un enfoque gerencial. El enfoque de modelado optimiza el sistema de inventarios. El criterio que se emplea en la mayoría de los modelos es minimizar el costo; aunque, en principio, también se podría usar maximización. Estos criterios son equivalentes para la mayoría de los sistemas de inventario, porque la ganancia es la diferencia entre el precio y el costo.

Una medida de efectividad común para los sistemas de inventario es el costo total promedio mínimo por unidad de tiempo. Una unidad de tiempo puede ser días, semanas, meses o años. El costo total incluye los elementos de costo que se definieron. Se usa el promedio porque los costos de almacenaje y faltantes son proporcionales al nivel de inventario que puede variar durante el periodo. Para calcular el costo total promedio se promedia el inventario o los faltantes en el tiempo.

El enfoque gerencial casi siempre se usa para sistemas de inventarios de múltiples artículos. La meta inmediata es reportar el tamaño del inventario a la gerencia. Una medida del tamaño del inventario es la inversión total en la fecha del reporte. Se multiplica la cantidad disponible de cada artículo por su costo y se suma el resultado para todos los artículos. Para obtener una medida relativa sobre si se tiene "demasiado" o "muy poco" inventario o para comparar el desempeño con los "estándares industriales" y con el de los competidores se usan otras dos medidas:

$$\text{Meses de abastecimiento} = \frac{\text{Inversión en inventario total}}{\text{Demanda promedio pronosticada} \left( \frac{\$}{\text{mes}} \right)}$$

$$\text{Rotación del inventario anual} = \frac{12 \left[ \text{demanda promedio pronosticada} \left( \frac{\$}{\text{mes}} \right) \right]}{\text{Inversión en inventario total}}$$

La primera medida indica cuánto tiempo se podrá satisfacer la demanda futura con el inventario disponible; la segunda indica la rapidez de rotación del inventario: mientras más alto sea el valor, más baja será la inversión del inventario. Estas medidas cambian un poco

con los diferentes objetivos y con los tipos de inventario (materia prima, producto terminado). Para verificar el desempeño futuro, se usa el pronóstico de demanda y para la evaluación del desempeño pasado se usa la demanda real. Una manera rápida de calcular la rotación del inventario a partir de la hoja de balance de una compañía es

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Valor de las ventas}}{\text{Valor de Inventario}}$$

## 2.10. Políticas de inventario

El elemento principal que afecta el inventario es la demanda. Desde el punto de vista del control de la producción, se supone que la demanda es una variable incontrolable. Existen tres factores importantes en un sistema de inventario, llamados variables de decisión, que se pueden controlar:

- ¿Qué debe ordenarse? (decisión de variedad)
- ¿Cuándo debe ordenarse? (decisión de tiempo)
- ¿Cuánto debe ordenarse? (decisión de cantidad)

La decisión de variedad es irrelevante y las otras dos se toman usando dos políticas de control de inventarios diferentes, conocidas como de revisión periódica y de revisión continua.

Política de revisión periódica: se verifica el nivel del inventario, en intervalos de tiempo fijo, llamado periodo de revisión, y se coloca una orden si es menor que cierto nivel predeterminado, llamado punto de reorden (decisión de tiempo). El tamaño de la orden  $Q$  es la cantidad requerida para aumentar el inventario a un nivel predeterminado  $S$  (decisión de cantidad). El tamaño de  $Q$  varía de un periodo a otro.

Política de revisión continua: en esta política el nivel del inventario se controla continuamente. Cuando el nivel llega al punto de reorden  $R$  (decisión de tiempo), se ordena una cantidad fija  $Q$  (decisión de cantidad). Ésta es una política continua  $(Q, R)$ , o política de cantidad fija de reorden.

La decisión de cantidad (es decir, cuánto ordenar). Esta decisión tiene un impacto considerable a nivel del inventario que se mantiene y, por esto, influye directamente en los costos de inventario.

Se presentan los modelos más comunes desarrollados a lo largo de muchos años y se analizan juntos para proporcionar un panorama claro de lo que se ha hecho. El factor común de estos modelos es que manejan una demanda conocida y todos se pueden extender a un ambiente de artículos múltiples, si no hay dependencia entre ellos. Más aún, se pueden aplicar en un ambiente de producción al igual que en otros ambientes, tales como ventas al menudeo. Con algunos ajustes, se aplican a inventarios de materia prima, productos terminados y en algunos casos a inventarios de PEP.

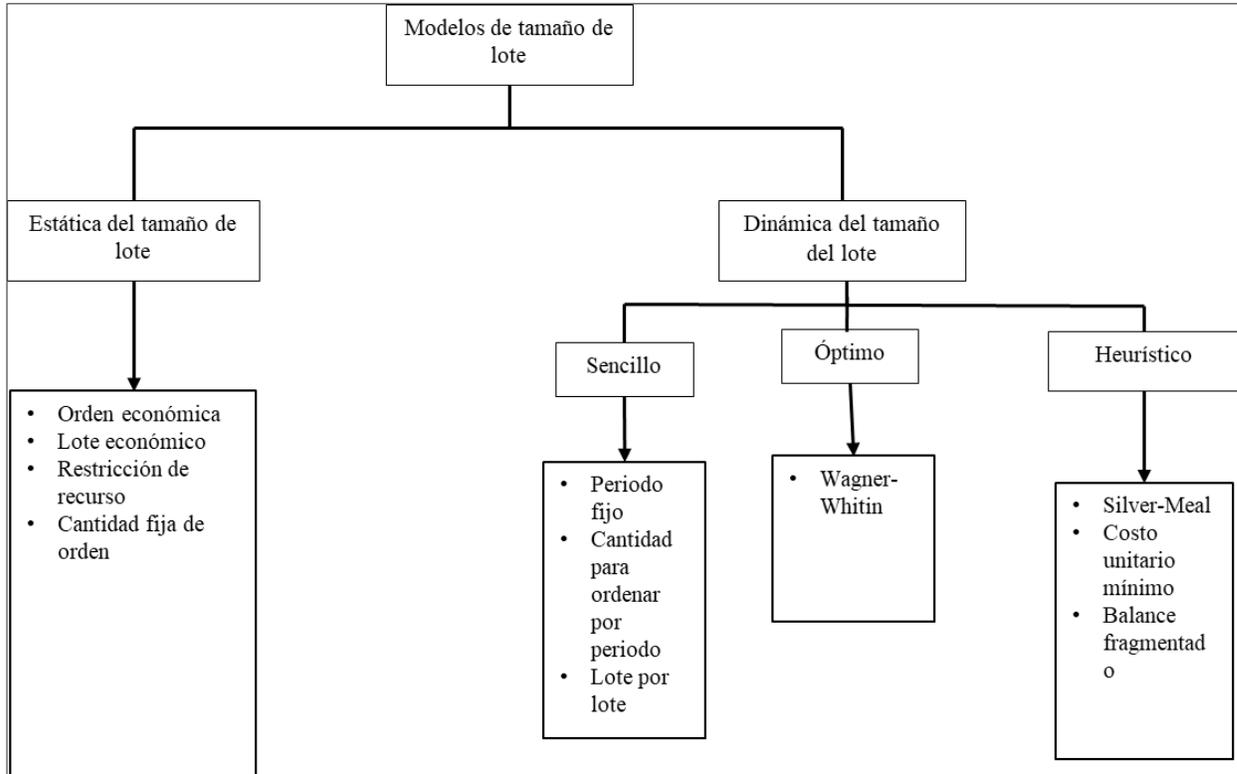
Por lo general, los modelos para decisiones de cantidad se llaman modelos de tamaño de lote. Existen muchos de ellos, aquí se agruparon bajo dos grandes rubros:

- Modelos estáticos de tamaño de lote que se usan para demanda uniforme (constante) durante el horizonte de planeación.
- Modelos dinámicos de tamaño de lote que son modelos empleados para cambiar la demanda durante el horizonte de planeación. Se supone que la demanda es conocida con certidumbre, lo que en ocasiones se llama demanda irregular.

Un ambiente de demanda constante y uniforme no es común en el mundo real. Sin embargo, es un punto de inicio conveniente para desarrollar modelos de inventarios y lograr entender las relaciones dentro de un sistema de inventarios. Se desarrollan cuatro modelos en esta Categoría

Cantidad económica para ordenar (EOQ): éste es el modelo fundamental de los modelos de inventarios; Harris los introdujo en 1915. También se conoce como la fórmula

de Wilson, ya que fue él quien promovió su uso. La importancia de este modelo es que todavía es uno de los modelos de inventarios que más se usan en la industria, y sirve como base para modelos más elaborados. En la figura 2.6 se muestran los modelos de tamaño por lote.



**Figura 2 6.** Clasificación de los modelos de tamaño de lote.

No se permiten faltantes, no hay un tiempo de entrega (tiempo desde que se coloca la orden hasta que se recibe). Toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo; esto se llama tasa de reabastecimiento.

Este modelo es adecuado para la compra de materia prima en producción o para el ambiente de ventas al menudeo. La variable de decisión para este modelo es  $Q$ , el número de unidades a ordenar, de un número positivo. Los parámetros de costo se conocen con certidumbre y son los siguientes:

$c = \text{costo unitario (\$/unidad)}$

$i = \text{costo total de mantener el inventario (\% por año)}$

$h = ic - \text{costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año)}$

$A = \text{costo de ordenar (\$/orden)}$

Además, se define:

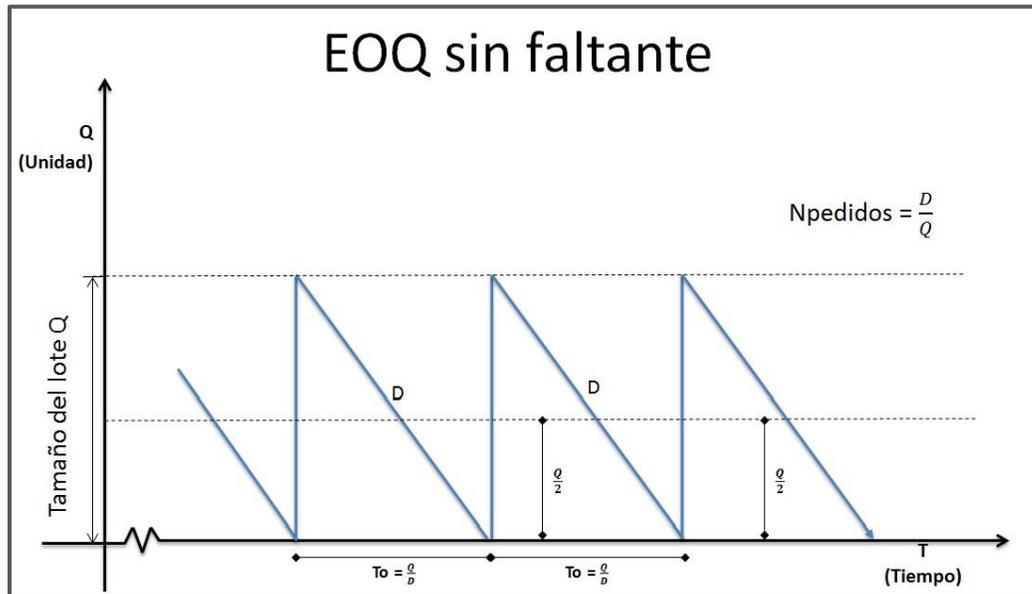
$D = \text{demanda por unidad de tiempo}$

$T = \text{longitud de ciclo, el tiempo que transcurre entre la colocación (o recepción) de órdenes sucesivas de abastecimiento.}$

$K(Q) = \text{costo total anual promedio como una función del tamaño de lote } Q.$

$It = \text{inventario disponible en el tiempo } t \text{ (cantidad real de material que hay en almacén)}$

El concepto básico de este modelo es crear un balance entre dos costos opuestos, los costos de ordenar y los costos de almacenar. El costo de ordenar es un costo fijo; si se ordena más, el costo por unidad será menor. El costo de almacenar es un costo variable que disminuye si el inventario que se tiene disminuye. Este balance se logra minimizando  $K(Q)$  el costo total anual promedio. Una herramienta útil al analizar los sistemas de inventarios es la geometría del inventario, una descripción gráfica, (ver figura 2.7).



**Figura 2.7.** Recta de agotamiento, (Ghiani et al., 2013).

Se supone que el nivel de inventario es  $Q$  en el tiempo cero. Cuando pasa el tiempo, el inventario se agota a una tasa de  $D$  unidades por año (es decir, la pendiente de la recta del inventario es  $-D$ ). Cuando el nivel de inventario llega a cero, se ordena  $Q$  unidades. Como se supone que el tiempo de entrega es cero y la tasa de reabastecimiento es infinita, el nivel de inventario se elevará a  $Q$  de inmediato y el proceso se repetirá.

Debido a la geometría del inventario, en ocasiones este método se llama modelo de diente de sierra. Este patrón se llama un ciclo y puede haber varios ciclos en un año. Sea  $T$  la longitud del ciclo de inventario. De la geometría del inventario se observa que.

$$T = \frac{Q}{D}$$

Sea  $\bar{I}$  el inventario promedio.

$$\bar{I} = \frac{\text{Área bajo la curva de inventario}}{T}$$

$$\bar{I} = \frac{\text{Área del triángulo del inventario}}{T} = \frac{I}{T} \frac{QT}{2} = \frac{Q}{2}$$

Por lo tanto, en una cadena de suministro se basa en una red de organizaciones y procesos en la que una empresa colabora a lo largo de toda la cadena de valor para adquirir materias primas, y convertirlas en productos finales y entregarlos a los clientes. La gestión de la cadena de suministro es una integración y coordinación interdepartamental e empresarial de los departamentos para transformar y utilizar los recursos de la forma más eficaz posible; desde los proveedores de materias primas hasta los clientes. La cadena de suministro es uno de los componentes clave de cualquier organización y es responsable de equilibrar la demanda y la oferta a lo largo de toda la cadena de valor (Ivanov. et al., 2016). En la figura 2.6. se muestra en orden como se lleva a cabo una cadena de suministro.

Las operaciones son una función o sistema que transforma los insumos (por ejemplo, materiales y mano de obra) en productos de mayor valor (por ejemplo, productos o servicios); por ello, la función de control es cada vez más importante para establecer retroalimentación entre los procesos planificados y los reales. La función de operaciones, junto con control de inventario forma parte de cualquier organización (Ivanov. et al., 2016).

La cadena de suministro depende de un control de inventarios de forma inteligente utilizando las tecnologías impulsadas por la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas y Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia (Reaidy et al., 2015) menciona que el uso de la infraestructura del internet de las cosas para la gestión de almacenes mejora la visibilidad, la trazabilidad y la transparencia de los almacenes y apoya el desarrollo de un enfoque ascendente para la gestión de almacenes (Evtodieva et al., 2019).

El creciente interés de la cadena de suministro es una consecuencia directa de la mayor transparencia causada por el aumento de la visibilidad de los datos. Sin embargo, las técnicas clásicas de análisis de datos, análisis estadístico y reconocimiento de patrones se

enriquecen ahora con las herramientas que surgen en el campo de la inteligencia artificial. Las torres de control pueden ayudar a las empresas a mejorar la logística y el control de la cadena de suministro tanto a nivel táctico como operativo, para sincronizar las operaciones de varias empresas con el objetivo de reducir tanto los costos como los efectos ambientales negativos de la cadena de suministro, o integrando las ventas, el transporte y la logística.

La Internet física presenta una visión de una infraestructura común utilizada por los proveedores de servicios logísticos, que se hace cargo por completo de la logística. de servicios logísticos que asuma por completo la responsabilidad de los cargadores y los clientes para una gestión fluida y perfectamente integrada de los pedidos de transporte. Es similar al sistema de gestión de archivos de la Internet digital, y se basa en la estandarización de paquetes modulares, en el uso de la tecnología de la información y en el uso de la tecnología de la información (Zijm. et al., 2019).

Sin un control adecuado del inventario, toda empresa puede quedarse sin existencias de un artículo importante y perder la oportunidad de obtener ingresos. Por lo tanto, una gestión eficiente de los inventarios ocupa una posición crítica en las empresas modernas para obtener una ventaja competitiva. En el ámbito de los almacenes, el seguimiento/auditoría de inventarios es una tarea que debe llevarse a cabo continuamente para garantizar la eficiencia de la cadena de suministro y cumplir con los requisitos normativos reglamentarios.

Hoy en día, la mayoría de los sistemas de almacén suelen haber adoptado tecnologías de identificación automática, como los códigos de barras o las etiquetas RFID, para el control automatizado de las existencias, ya que ayuda a minimizar el riesgo de error. En el sistema actual basado en RFID, los productos llevan un chip RFID y la antena que los lee se fija en los puntos de entrada o salida, de modo que cuando los productos se mueven, la antena realiza la identificación (Han et al., 2018).

(Liu & Geng, 2016) menciona que la transformación de la operación manual a la mecanización refleja la aceleración de la velocidad de rotación del flujo en un almacenamiento. La gestión de almacenes se desarrollará hacia la dirección de ser más inteligente para lograr el propósito de la integración y distribución bajo demanda de manejar el procesamiento y la gestión de la información de decenas de miles de pedidos cada día, para completar el acoplamiento del flujo comercial y la logística. Bajo el entorno de la

tecnología del Internet de las Cosas, para proporcionar a cada cliente la mejor calidad de servicio, las empresas de almacenamiento siguen mejorando el grado de información para implementar el nivel de inteligente de gestión de almacenes. La aplicación de la tecnología IOT es una clave que proporciona una buena base técnica para construir un almacén inteligente.

La aplicación integrada de la tecnología del Internet de las Cosas en el sector de los almacenes de la Tecnología en la Industria 4.0 en el sector de almacenes garantiza dentro de una empresa la eficiencia y la precisión del flujo de información de los datos claves en el control de inventario. Pero actualmente un control de inventario no solo funciona como almacén sino también como un lugar crítico donde la oferta y la demanda se ajustan a través de la gestión para satisfacer la necesidad del cliente (Affia & Aamer, 2021).

## **2.11. Industria 4.0**

La estrategia logística básica en la Industria 4.0 debe ser una estrategia de crecimiento activo para un enfoque cualitativamente nuevo. Las actividades logísticas en el marco de la Industria 4.0 requieren un serio replanteamiento y la búsqueda de nuevos enfoques, métodos y tecnologías para su implementación. Para ello, es necesario formarse una visión holística de las provisiones conceptuales básicas de la logística y de la génesis de su desarrollo, teniendo en cuenta las realidades actuales de la organización empresarial (Evtodieva et al., 2019).

(Winkelhaus & Grosse, 2020) se refieren al término Logística 4.0. como análisis de Big Data en tiempo real, por ejemplo, para optimizar las rutas, reducción de las necesidades de almacenamiento gracias a las nuevas técnicas de fabricación, robots autónomos con sistemas de seguimiento y decisión que conducen a un control de inventario óptimo del inventario, un intercambio de información en tiempo real que evite, la ausencia de interrupción de la información gracias a los artículos inteligentes. La principal aplicación de la Logística 4.0 es el Internet de las Cosas; permite generar y transmitir información de los objetos a un sistema central.

En la cadena de suministro y los sectores logísticos, la precisión de los datos del inventario es esencial, ya que esta información o datos puede ser cruciales para las operaciones de almacén, la planeación de la producción, la administración y el control del inventario entrante y saliente, así como todos los procesos que se desarrollan en un almacén (Bonilla et al., 2016; Ortega-Palma et al., 2020).

## **2.12. Computación en la nube**

La computación en la nube es la piedra angular del desarrollo del desarrollo del Internet de las cosas, y ha promovido la implantación del Internet de las cosas desde dos aspectos. En primer lugar, la computación en nube es el núcleo de la realización del Internet de las cosas. En primer lugar, la computación en la nube es el núcleo de la realización de la Internet de las cosas. Permite calcular en el Internet de las cosas gestión dinámica en tiempo real y el análisis inteligente de todo tipo de bienes, a través de la tecnología de identificación por radiofrecuencia, la tecnología de sensores, la nanotecnología y otras nuevas tecnologías.

Se aplica plenamente en diversas industrias y a través de la tecnología de la información. La computación en la nube es para promover el Internet de las cosas y la integración inteligente de Internet, para construir un planeta más inteligente. La fusión de Internet y la red es necesaria para lograr una mayor eficiencia y un mayor nivel de integración. Al mismo tiempo, la computación en nube es un modelo innovador de prestación de servicios, fortalecer la Internet de las cosas y su innovación es rápida ya que puede implementar el nuevo modelo de negocio.

## **2.13. Sistema de Gestión de Calidad**

Un Sistema de Gestión de Calidad o también conocido como SGC, es una herramienta perfecta para aquellas organizaciones que desean que sus productos y servicios cumplan con los máximos estándares de calidad y así lograr y mantener la satisfacción de sus clientes.

Los Sistemas de Gestión de la Calidad se basan en la familia, actualmente la familia de normas de la serie ISO 9000 está compuesta por:

- ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Principios y vocabulario»: contiene los fundamentos de los SGC, términos y definiciones.
- ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos»: incluye los requisitos en los que se debe basar y cumplir un Sistema de Gestión de Calidad.
- ISO 9004. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad: comprende las directrices para mejorar el desempeño de una organización y garantizar el éxito sostenido.

La familia de normas ISO 9000 está fundamentada en ocho principios de gestión de calidad, su finalidad es dirigir a las organizaciones al éxito. Para ello se enfocan principalmente al cliente y a la mejora continua. Los ocho principios de gestión de la calidad son:

1. Enfoque al cliente.
2. Liderazgo
3. Participación del personal
4. Enfoque basado en procesos
5. Enfoque de sistema para la gestión.
6. Mejora continua
7. Enfoque basado en hechos para la toma de decisión.
8. Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

## **2.14. Análisis de series de tiempo**

Los modelos de pronósticos de series de tiempo tratan de predecir el futuro con base en la información pasada. Por ejemplo, las cifras de ventas recopiladas durante las últimas seis

semanas se pueden usar para pronosticar las ventas durante la séptima semana. Las cifras de ventas trimestrales recopiladas durante los últimos años se pueden utilizar para pronosticar los trimestres futuros. Aun cuando ambos ejemplos contienen ventas, es probable que se utilicen distintos modelos de series de tiempo para pronosticar.

El modelo de pronóstico que una empresa debe utilizar depende de:

1. El horizonte de tiempo que se va a pronosticar.
2. La disponibilidad de los datos.
3. La precisión requerida.
4. El tamaño del presupuesto de pronóstico.
5. La disponibilidad de personal calificado.

Al seleccionar un modelo de pronóstico, existen otros aspectos como el grado de flexibilidad de la empresa (mientras mayor sea su habilidad para reaccionar con rapidez a los cambios, menos preciso necesita ser el pronóstico). Otro aspecto es la consecuencia de un mal pronóstico. Si una decisión importante sobre la inversión de capital se basa en un pronóstico, éste debe ser bueno.

### **Promedio móvil simple**

Cuando la demanda de un producto no crece ni baja con rapidez, y si no tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. Aunque los promedios de movimientos casi siempre son centrados, es más conveniente utilizar datos pasados para predecir el periodo siguiente de manera directa.

Aunque es importante seleccionar el mejor periodo para el promedio móvil, existen varios efectos conflictivos de distintos periodos. Cuanto más largo sea el periodo del

promedio móvil, más se uniformarán los elementos aleatorios. Pero si existe una tendencia en los datos, el promedio móvil tiene la característica adversa de retrasar la tendencia. Por lo tanto, aunque un periodo más corto produce más oscilación, existe un seguimiento cercano de la tendencia. Por el contrario, un periodo más largo da una respuesta más uniforme, pero retrasa la tendencia.

La fórmula de un promedio móvil simple es:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-n}}{n}$$

Donde:

$F_t$  = Pronóstico para el siguiente periodo

$n$  = Número de periodos para promediar

$A_{t-1}$  = Ocurrencia real en el periodo pasado

### **Promedio móvil ponderado**

El pronóstico de promedio móvil ponderado es óptimo para patrones de demanda aleatorios o nivelados donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente, dicho enfoque es superior al del promedio móvil simple. Un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno.

## 2.15. Marco referencial

Mintzberg y Waters (1985) consideran que la planeación estratégica, no es más que el proceso de relacionar las metas de una organización, determinar las políticas y programas necesarios para alcanzar objetivos específicos en camino y programas necesarios para alcanzar objetivos específicos en camino hacia esas metas y establecer los métodos necesarios para asegurar que las políticas y los programas se ejecuten o se ejecuten, es un proceso formulado de planeación a largo plazo que se utiliza para definir y alcanzar metas organizacionales.

Por otro lado, Acle (1990) define la planeación estratégica como un conjunto de acciones que deben ser desarrolladas para lograr los objetivos estratégicos, lo que implica definir y priorizar los problemas a resolver, plantear soluciones y determinar los responsables para realizarlos.

El objetivo principal de cualquier solución tecnológica en la administración de los almacenes debe proporcionar transparencia y control de la información, la trazabilidad y localización de los materiales y/o productos en tiempo real para garantizar la entrega de los materiales a las líneas de producción o la entrega de productos en el momento, lugar, cantidad, condición y costos correctos. Por lo tanto, se requiere de un seguimiento inteligente de los materiales o productos en toda la cadena de suministro para facilitar a los administradores la toma de decisiones y maximizar el nivel de servicio al cliente (Anandhi, Anitha y Sureshkumar 2019).

Por ejemplo, H. Liu et al. (2019) realizaron un análisis de las características y ventajas de la aplicación de tecnología RFID y de sensores para el diseño de un plano de un nuevo almacén con el objetivo de resolver efectivamente los problemas existentes en la administración de un almacén.

Los autores (Darmawan et al., 2021) hablan acerca de los modelos y métodos de solución para el diseño de redes de suministro que no sólo integran los problemas de localización- transporte e inventario, sino que también consideran la implementación de un control de inventario coordinado en la red. Comparan dos estrategias debido a la complejidad de los problemas de optimización, desarrollan métodos heurísticos para poder resolver los

problemas, basado en un Algoritmo Genético de optimización. Los autores mencionan que una red coordinada implica que los almacenes no deben utilizar necesariamente la misma tasa de llenado objetivo que los minoristas. Los modelos que manejan son SNCD que se caracterizan por utilizar medidas de nivel de servicio más simplistas, pero menos relevante. Los autores muestran resultados dando enfoque en el sentido de generar un mayor ahorro de costos. En sentido de que se pueda generar más ahorros en los costos totales y en los costos de inventario.

Los autores concluyen que un control coordinado de inventarios en el diseño de la red da lugar a un ahorro medio de costos totales superior al 3% y de casi el 10% en casos concretos; y que esto no debe parecer sorprendente, ya que las cadenas de suministro se benefician de la reducción de los costos de apertura y funcionamiento de los almacenes, así como la mayor agrupación de riesgos.

Y lo más importante que aportan los autores es que demuestran que, aunque el número de almacenes sea el mismo, considerar la coordinación del inventario puede influir en el mejor diseño de la red, por lo tanto, la magnitud del ahorro de costos debería justificar la adopción de la estrategia.

Cualquier solución tecnológica en la administración de los almacenes debe proporcionar transparencia y control de la información, la trazabilidad y localización de los materiales y/o productos en tiempo real para garantizar la entrega de los materiales a las líneas de producción o la entrega de productos en el momento, lugar, cantidad, condición y costos correctos.

Por lo tanto, se requiere de un seguimiento inteligente de los materiales o productos en toda la cadena de suministro para facilitar a los administradores la toma de decisiones y maximizar el nivel de servicio al cliente (Bonilla et al., 2016).

Los siguientes autores (Evtodieva et al., 2019) mencionan que las actividades logísticas en el marco de la Industria 4.0 requieren un serio replanteamiento y la búsqueda de nuevos enfoques, métodos y tecnologías para su implementación; requiere formarse una visión holística de las disposiciones conceptuales básicas de la logística y la génesis de su desarrollo, teniendo en cuenta las actuales realidades de la organización empresarial. En este

sentido, las características esenciales de la Industria 4.0 son consideradas y la reflexión de su influencia en la logística como área de actividad científica y área de actividad práctica la cual permitirá abordar con objetividad la formación de iniciativas estratégicas en el ámbito de la gestión del proceso de flujo a nivel de una entidad empresarial.

Los autores (Huang et al., 2020) investigan los efectos que las políticas de carbono y las tecnologías verdes pueden tener en el inventario integrado de una cadena de suministro de dos sectores, teniendo en cuenta las emisiones de carbono durante los procesos de producción, transporte y almacenamiento de productos.

El modelo que ellos proponen puede ayudar a las empresas a determinadas la cantidad óptima de producción, la cantidad de entrega y la cantidad de inversión ecológica con el objetivo de minimizar los costos bajo diferentes políticas de emisiones de carbono. Además, su estudio también proporciona implicaciones prácticas para que el gobierno adopte políticas y reglamentos adecuados para equilibrar el compromiso entre la protección del medio ambiente y el crecimiento económico.

Por último, los resultados que obtienen los autores indican que las empresas que adoptan la política de impuesto sobre el carbono preferirían invertir en una tecnología verde relativamente eficiente.

Los autores (Fan et al., 2014) hablan sobre la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) que ha sido considerada como una solución de gran importancia para la exactitud de los inventarios. La consideran como una solución prometedora para la exactitud de los inventarios y muchos minoristas que intentan presionar a sus proveedores para que adopten esta tecnología. En su artículo se analiza la situación de los minoristas sujetos a la inexactitud de los inventarios debido a los problemas de contracción; y cómo reducir los problemas de pérdida de inventario mediante el uso de la RFID.

Los resultados que obtienen muestran que el hecho de que el minorista utilice la RFID depende del valor relativo de la tasa de disponibilidad de la cantidad de pedidos y de la tasa de lectura de la RFID. Presentan una formulación del valor umbral del coste de la etiqueta que hace que el despliegue de la RFID sea rentable.

(Manthou & Vlachopoulou, 2001) estos autores nos hablan acerca de los sistemas de código de barras que se ofrecen en las empresas y lo adaptan en una ventaja comercial y servicio al cliente sobre sus competidores más lentos.

Mencionan que los sistemas de códigos de barras casi nunca son independientes por naturaleza; dichos sistemas son ricos en problemas potenciales de integración. El modelo que presentan los autores muestra cómo estos sistemas pueden desarrollarse e implementarse siguiendo un procedimiento estructural, así como su lugar e importancia en los sistemas de gestión de inventarios y de marketing.

En su caso práctico de los autores, utilizan la tecnología de códigos de barras para automatizar las transacciones diarias. Los autores concluyen que los códigos de barras proporcionan un control preciso del inventario, los cuales facilitan la reposición.

## **Capítulo III: Propuesta de intervención**

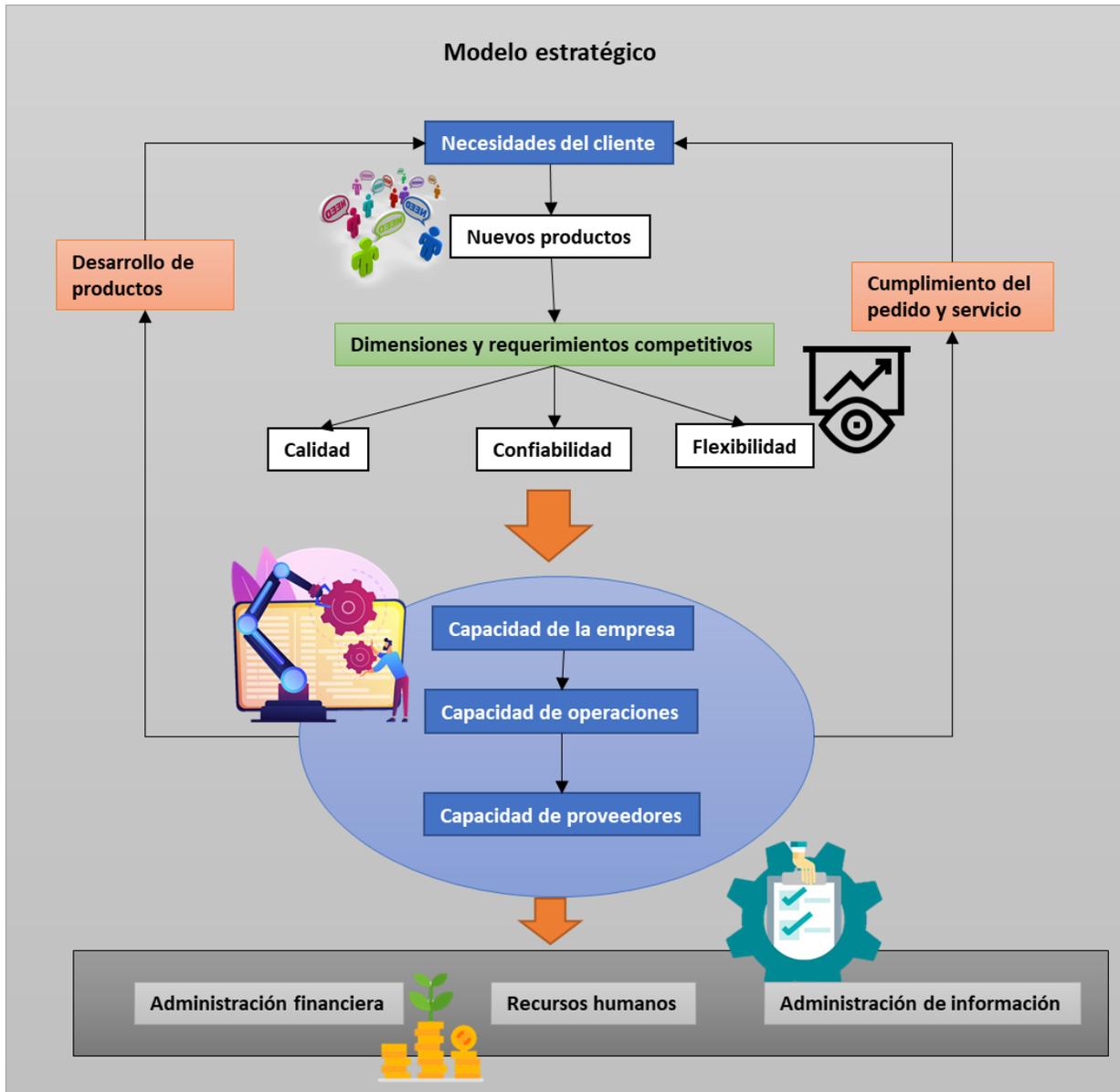
### **3.1. Exploración**

En este trabajo de tesis se diseñó un modelo estratégico para administrar y gestionar el inventario de una comercializadora, mediante modelos de investigación de operaciones y pronósticos. Las funciones de la administración en empresas comercializadoras requieren de una toma de decisiones con base en el largo plazo, no significa predecir, ni esperar que eso suceda en el futuro, si no de la importancia de la planificación a largo plazo, la cual tiene que ver con la cualidad de futuro en las decisiones actuales.

El resultado de un pronóstico va a impactar en una comercializadora en incrementar la capacidad de la empresa y mejora en el mercado. Ayuda a los directivos a enfrentar con efectividad contingencias futuras, con la finalidad de tomar decisiones adecuadas que permitan alcanzar las metas.

### **3.2. Modelo estratégico para el pronóstico de la demanda y control de inventario**

Se debe realizar enlaces entre las necesidades de los clientes, sus prioridades de desempeño los requerimientos para las operaciones en la Figura 3.1 se muestra el modelo propuesto de acuerdo a las necesidades del cliente al cumplimiento del pedido.



**Figura 3.1.** Modelo estratégico para el pronóstico de la demanda y control de inventario

### 3.3. Productividad

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos. Dado que la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones.

En este sentido amplio, la productividad se define como:

$$productividad = \frac{salidas}{entradas}$$

Para incrementar la productividad, se tratará que la razón de salida a entrada sea lo más grande posible.

Las aplicaciones fundamentales o básicas ERP son “Financieras”, “Administración del capital humano”, “Operaciones” y “Servicios corporativos”. A continuación, se describe brevemente la funcionalidad de esas aplicaciones. SAP indica que los módulos se actualizan dos veces al año, basándose en los cambios en las prácticas de negocios, los avances tecnológicos y los requerimientos de sus clientes.

### 3.4. Financieras

La aplicación financiera proporciona la funcionalidad para ejecutar las cuentas financieras de la compañía. Esta aplicación se divide en tres áreas. El módulo de contabilidad financiera y administrativa incluye el libro mayor, cuentas por pagar, cuentas por cobrar e inversiones de capital.

La segunda área es gobierno corporativo, que incluye el control interno y las funciones de auditoría necesarios para apearse a los estándares de control corporativo,

documentación de controles internos y auditorías que cumplen con los requerimientos actuales.

La tercera área es la administración financiera de la cadena de suministro, diseñada para manejar el flujo de dinero relacionado con las actividades de la cadena de suministro. Esto incluye administración del crédito de clientes y proveedores, banca interna, administración del flujo de efectivo y administración de relaciones con el banco.

### **3.5. Administración del capital humano**

Las aplicaciones en este segmento incluyen toda la serie de capacidades necesarias para administrar, programar, pagar y contratar a las personas que hacen que una compañía funcione. Incluyen nómina, administración de beneficios, administración de datos de aplicación, planeación del desarrollo personal, planeación de la fuerza de trabajo, planeación de programas y cambios, administración del tiempo y contabilidad de gastos de viaje.

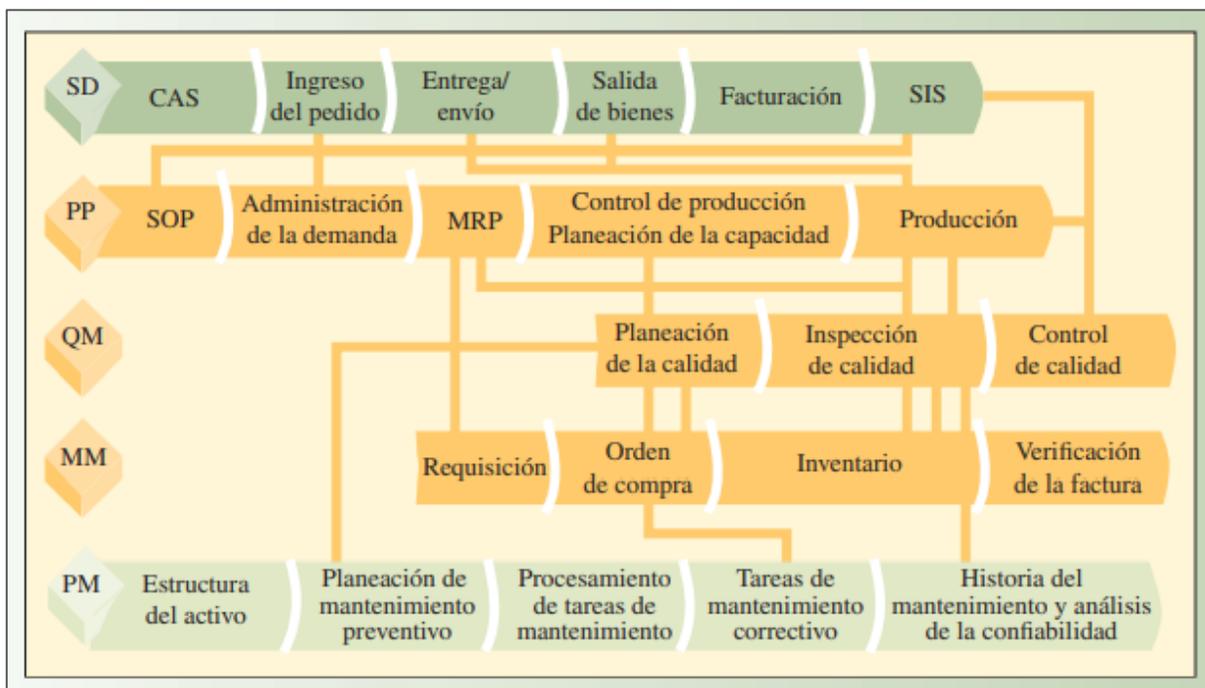
### **3.6. Operaciones**

El segmento de operaciones es complejo e incluye muchas aplicaciones. Las aplicaciones básicas de “Abastecimiento y logística” incluyen administración de materiales, mantenimiento de la planta, administración de la calidad y planeación y control de producción. La administración de materiales cubre todas las tareas dentro de la cadena de suministro, incluyendo compras, evaluación del vendedor, verificación de facturas y planeación de la utilización de materiales. También incluye administración del inventario y del almacén.

En ventas y distribución, los productos o servicios se venden a los clientes. Al implantar el módulo, la estructura de la compañía debe estar representada en el sistema de manera que, por ejemplo, SAP sepa en dónde y cuándo reconocer el ingreso. Es posible

representar la estructura de la empresa desde el punto de vista de contabilidad, administración de materiales o ventas y distribución. Esas estructuras también se pueden combinar.

Cuando se ingresa un pedido de venta, automáticamente se incluye la información correcta sobre fijación de precios, promociones, disponibilidad y opciones de envío. El procesamiento de pedidos por lote está disponible para industrias especializadas como la alimenticia, farmacéutica o de productos químicos. Los usuarios pueden reservar el inventario para clientes específicos, solicitar la producción, o ingresar pedidos que se ensamblan sobre pedido, se desarrollan sobre pedido o cuya ingeniería es sobre pedido, así como pedidos especiales ajustados a las necesidades. La Figura 3.2 describe los complejos vínculos de datos entre los módulos, necesarios para integrar la información administrada por el sistema.



**Figura 3.2.** Perspectiva de la integración de la logística, (Zijm. et al., 2019).

### **3.7. Inventario**

Inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos.

El término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica en materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios, el término inventario por lo regular se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio.

El propósito básico del análisis del inventario en la manufactura y los servicios es especificar:

1. Cuándo es necesario pedir más piezas.
2. Qué tan grandes deben ser los pedidos.

### **3.8. Propósitos del inventario**

Los inventarios desempeñan un papel importante en el éxito general de una empresa comercializadora, para determinar qué debe pedirse y cuándo, o para hacer un seguimiento de los niveles de productos. Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

#### **1. Para mantener la independencia entre las operaciones:**

El suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones. Por ejemplo, debido a que hay costos por crear una nueva configuración para la producción, este inventario permite a la gerencia reducir el número de configuraciones.

La independencia de las estaciones de trabajo también es deseable en las líneas de ensamblaje. El tiempo necesario para realizar operaciones idénticas varía de una unidad a otra. Por lo tanto, lo mejor es tener un colchón de varias partes en la estación de trabajo de modo que los tiempos de desempeño más breves compensen los tiempos de desempeño más largos. De esta manera, la producción promedio puede ser muy estable.

## **2. Para cubrir la variación en la demanda:**

Si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea posible (aunque no necesariamente económico) producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda no se conoce por completo, y es preciso tener inventarios de seguridad o de amortización para absorber la variación.

## **3. Para permitir flexibilidad en la programación de la producción:**

La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes. Esto provoca tiempos de entrega más alejados, lo que permite una planeación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación a más bajo costo a través de una producción de lotes más grandes. Por ejemplo, los altos costos de configuración favorecen la producción de mayor cantidad de unidades una vez que se realiza la configuración.

## **4. Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima:**

Al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados, una huelga inesperada en la planta del proveedor o en una de las

compañías que realizan el envío, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.

### **5. Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido:**

Hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

Es necesario tener presente que un inventario es costoso y que, por lo regular, las grandes cantidades no son recomendables. Los tiempos de ciclo prolongados se deben a las grandes cantidades de inventario y tampoco son adecuados.

## **3.9. Costos del inventario**

Los costos de mantener inventarios equivalen a los costos de resguardar el stock durante el periodo de tiempo previo a su venta. Generalmente, los costos de mantener inventarios se cuantifican como un porcentaje del valor total del inventario anual. Al tomar cualquier decisión que afecte el tamaño del inventario, es necesario considerar los costos siguientes:

### **Costos de mantenimiento (o transporte):**

Esta amplia categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios y daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad del capital. Como es obvio, los costos de mantenimiento suelen favorecer los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente.

### **Costos de configuración (o cambio de producción):**

La fabricación de cada producto comprende la obtención del material necesario, el arreglo de las configuraciones específicas en el equipo, el llenado del papeleo requerido, el cobro apropiado del tiempo y el material, y la salida de las existencias anteriores.

Si no hubiera costos ni tiempo perdido al cambiar de un producto a otro, se producirían muchos lotes pequeños. Esto reduciría los niveles de inventario, con un ahorro en los costos. Un desafío actual es tratar de reducir estos costos de configuración para permitir tamaños de lote más pequeños.

### **Costos de pedidos:**

Estos costos se refieren a los costos administrativos y de oficina por preparar la orden de compra o producción. Los costos de pedidos incluyen todos los detalles, como el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a pedir. Los costos asociados con el mantenimiento del sistema necesario para rastrear los pedidos también se incluyen en esta categoría.

### **Costos de faltantes:**

Cuando las existencias de una pieza se agotan, el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir o bien es necesario cancelarlo. Se establecen soluciones de compromiso entre manejar existencias para cubrir la demanda y cubrir los costos que resultan por faltantes. En ocasiones, es muy difícil lograr un equilibrio, porque quizá no sea posible estimar las ganancias perdidas, los efectos de los clientes perdidos o los castigos por cubrir pedidos en una fecha tardía. Con frecuencia, el costo asumido por un faltante es ligeramente más alto, aunque casi siempre es posible especificar un rango de costos.

Establecer la cantidad correcta a pedir a los proveedores o el tamaño de los lotes en las instalaciones productivas de la empresa comprende la búsqueda del costo total mínimo que resulta de los efectos combinados de cuatro costos individuales: costos de mantenimiento, costos de confi guración, costos de pedidos y costos de faltantes. Desde luego, la oportunidad de estos pedidos es un factor crítico que puede tener un impacto en el costo del inventario.

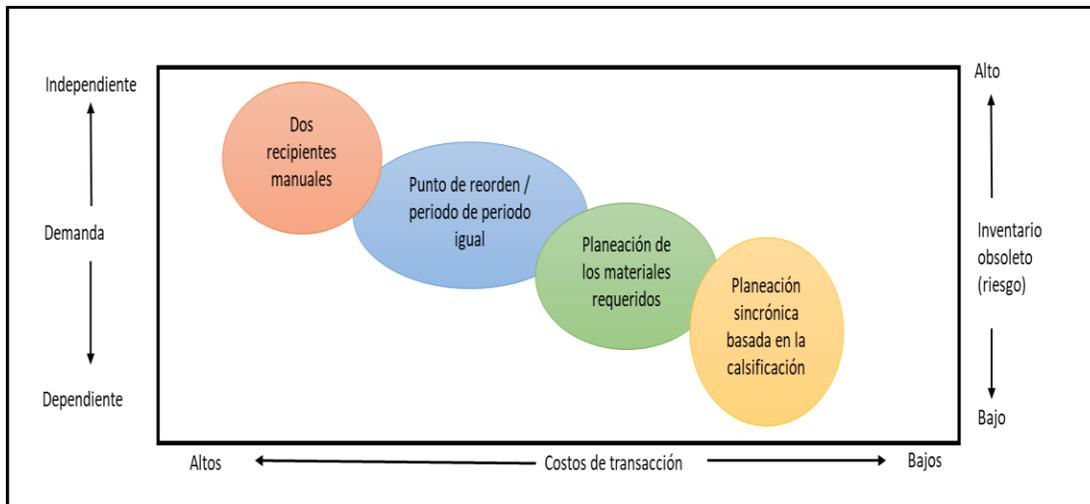
### **3.10. Demanda independiente y dependiente**

La Figura 3.3 es un marco de trabajo que muestra la forma en que las características de la demanda, el costo de las transacciones y el riesgo de un inventario obsoleto afectan los distintos sistemas.

El costo de las transacciones depende de los niveles de integración y automatización incorporados en un sistema. Los sistemas manuales, como la lógica sencilla, dependen de la participación del ser humano en la reposición de inventarios, que es relativamente costosa en comparación con el uso de una computadora para detectar automáticamente cuando es necesario pedir una pieza.

La integración se relaciona con la conexión entre los sistemas. Por ejemplo, es común que los pedidos de material se transfieran automáticamente a los proveedores de manera electrónica y que el sistema de control de inventarios del proveedor capture estos pedidos también en forma automática. Este tipo de integración reduce en gran medida el costo de las transacciones.

Una característica importante de la demanda se relaciona con el hecho de si ésta se deriva de una pieza final o si se relaciona con la pieza misma. Se usan los términos demanda independiente y dependiente.



**Figura 3.3.** Matriz de diseño del sistema de control de inventarios: marco que describe la lógica del control de inventarios.

La diferencia entre la demanda independiente y dependiente. En la demanda independiente, las demandas de varias piezas no están relacionadas entre sí. Por ejemplo, es probable que un centro de trabajo produzca muchas piezas que no estén relacionadas pero que cubran alguna necesidad de la demanda externa. En la demanda dependiente, la necesidad de cualquier pieza es un resultado directo de la necesidad de otra, casi siempre una pieza de nivel superior del que forma parte.

### 3.11. Sistemas de inventario

Un sistema de inventario proporciona la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia. El sistema es responsable de pedir y recibir los bienes: establecer el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de lo que se pidió, la cantidad ordenada y a quién.

El sistema también debe realizar un seguimiento para responder preguntas como:

- ¿El proveedor recibió el pedido?
- ¿Ya se envió?
- ¿Las fechas son correctas?
- ¿Se establecieron los procedimientos para volver a pedir o devolver la mercancía defectuosa?

### **3.12. Sistema de inventario de varios periodos**

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de varios periodos:

Los modelos de cantidad de pedido fija y modelos de periodo fijo. La distinción fundamental es que los modelos de cantidad de pedido fija se basan en los eventos y los modelos de periodo fijo se basan en el tiempo. Es decir, un modelo de cantidad de pedido fija inicia un pedido cuando ocurre el evento de llegar a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido.

Este evento puede presentarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda de las piezas consideradas. En contraste, el modelo de periodo fijo se limita a hacer pedidos al final de un periodo determinado; el modelo se basa sólo en el paso del tiempo. Para utilizar el modelo de cantidad de pedido fija, es necesario vigilar continuamente el inventario restante. Por lo tanto, el modelo de cantidad de pedido fija es un sistema perpetuo, que requiere de que, cada vez que se haga un retiro o una adición al inventario, se actualicen los registros para que reflejen si se ha llegado al punto en que es necesario volver a pedir. En un modelo de periodo fijo, el conteo se lleva a cabo sólo en el periodo de revisión.

Algunas diferencias adicionales tienden a influir en la elección de los sistemas como se muestra en la Tabla 3.1.

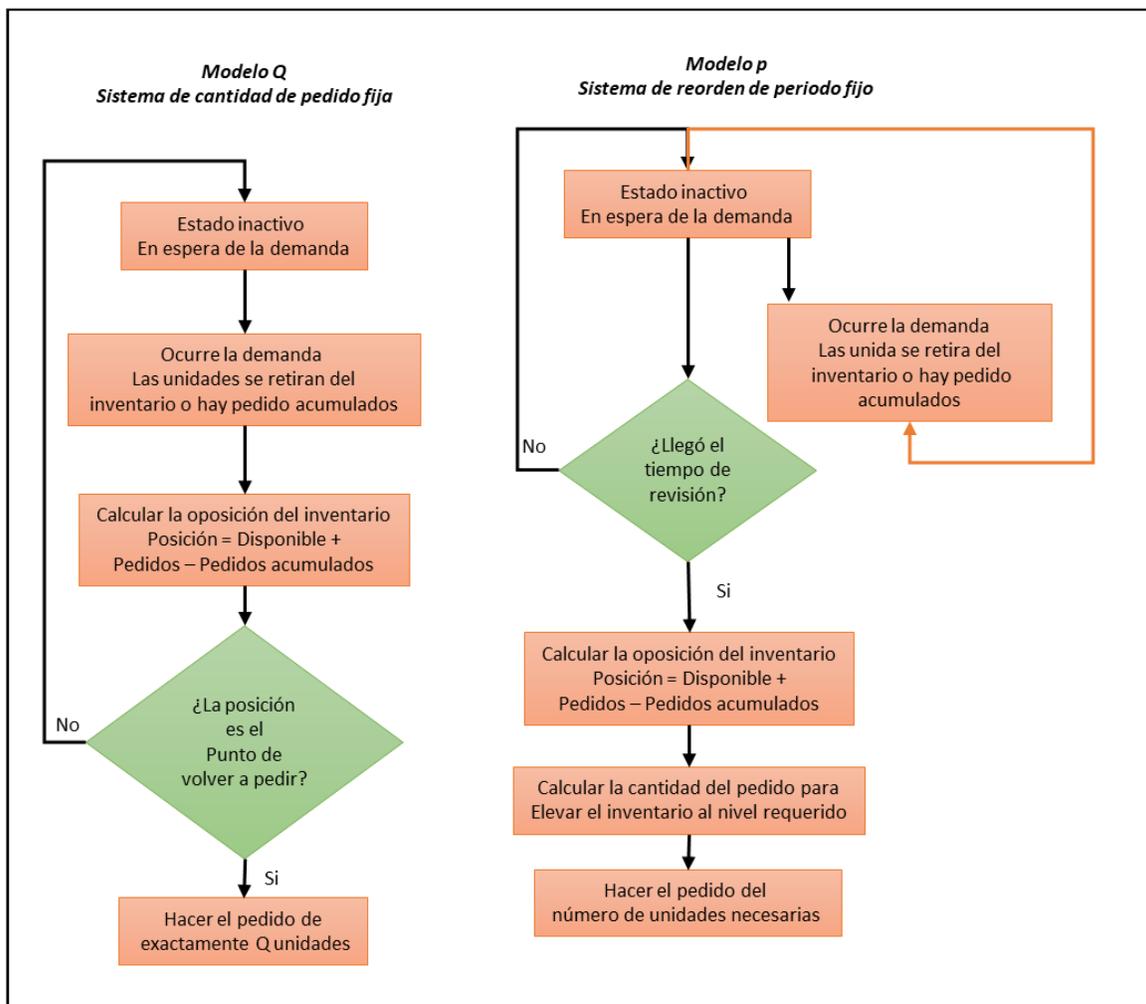
**Tabla 3.1.** Diferencias entre cantidad de pedido fijo y periodo fijo.

<b>Características</b>	<b>Modelo de cantidad de pedido fija (Modelo Q)</b>	<b>Modelo de periodod fijo (Modelo P)</b>
Cantidad del pedido	Q, constante (siempre se pide la misma cantidad)	q, variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir.	T, cuando llega el periodo de revisión.
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición.	Más grande que el modelo de cantidad de periodo fija.
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo.	
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos.	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, criticos o importantes.	

- El modelo de periodo fijo tiene un inventario promedio más numeroso porque también debe ofrecer una protección contra faltantes durante el periodo de revisión, T; el modelo de cantidad de pedido fija no tiene periodo de revisión.
- El modelo de cantidad de pedido fija favorece las piezas más caras, porque el inventario promedio es más bajo.
- El modelo de cantidad de pedido fija es más apropiado para las piezas importantes como las piezas críticas, porque hay una supervisión más estrecha y por lo tanto una respuesta más rápida a tener unidades faltantes en potencia.
- El modelo de cantidad de pedido fija requiere de más tiempo para su mantenimiento porque se registra cada adición y cada retiro.

En la Figura 3.4. muestra lo que ocurre cuando cada uno de los dos modelos se pone en uso y se convierte en un sistema operativo. Como se ve, el sistema de cantidad de pedido fija se enfoca en las cantidades de pedidos y los puntos en que es necesario volver a pedir. En cuanto al procedimiento, cada vez que se toma una unidad del inventario, se registra el retiro y la cantidad restante se compara de inmediato con el punto de volver a hacer un pedido. Si está por debajo de este punto, se piden  $Q$  piezas.

De lo contrario, el sistema permanece en estado inactivo hasta el próximo retiro. En el sistema de periodo fijo, se toma la decisión de hacer un pedido después de contar o revisar el inventario. El hecho de hacer un pedido o no depende de la posición del inventario en ese momento.



**Figura 3.4.** Comparación de los sistemas de inventario de cantidad de pedido fija y periodo fijo.

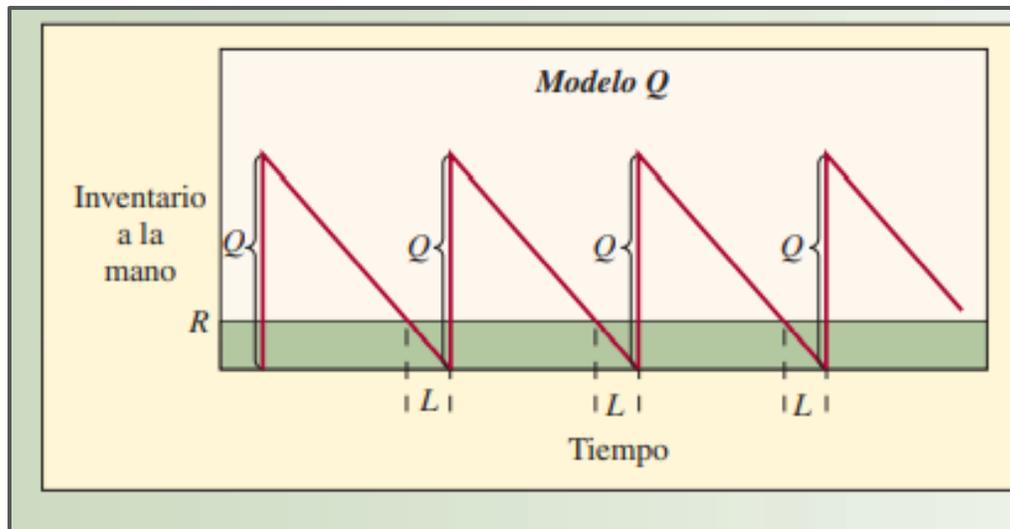
### 3.13. Modelos de cantidad de pedidos fija

Los modelos de cantidad de pedidos tratan de determinar el punto específico,  $R$ , en que se hará un pedido, así como el tamaño de éste,  $Q$ . El punto de pedido,  $R$ , siempre es un número específico de unidades. Se hace un pedido de tamaño  $Q$  cuando el inventario disponible (actualmente en existencia o en pedido) llega al punto  $R$ . La posición del inventario se define como la cantidad disponible más la pedida menos los pedidos acumulados.

La solución para un modelo de cantidad de pedido fija puede estipular algo así: cuando la posición del inventario baje a 36, hacer un pedido de 57 unidades más. Los modelos más sencillos en esta categoría ocurren cuando se conocen con certeza todos los aspectos de la situación. Si la demanda anual de un producto es de 1 000 unidades, es precisamente de 1000, no de 1 000 más o menos 10%. Lo mismo sucede con los costos de preparación y mantenimiento. Aunque la suposición de una certeza total rara vez es válida, ofrece una base adecuada para la cobertura de los modelos de inventario.

La Figura 3.5. y el análisis acerca de derivar la cantidad de pedido óptima se basan en las siguientes características del modelo. Estas suposiciones son irreales, pero representan un punto de partida y permiten usar un ejemplo sencillo.

- La demanda del producto es constante y uniforme durante todo el periodo.
- El tiempo de entrega (tiempo para recibir el pedido) es constante.
- El precio por unidad del producto es constante
- Los costos de pedido o preparación son constantes.
- Se van a cubrir todas las demandas del producto (no se permiten pedidos acumulados).



**Figura 3.5.** Modelo básico de cantidad de pedido fijo, (Chase et al., 2009).

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso consiste en desarrollar una relación funcional entre las variables de interés y la medida de efectividad. En este caso, como preocupa el costo, la ecuación siguiente es apropiada:

*Costo anual total*

*= Costo de compra anual + Costo de pedidos anuales  
+ Costo de mantenimiento anual*

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Donde:

$TC$  = Costo anual total

$D$  = Demanda (anual)

$C$  = Costo por unidad

$Q$  = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido)

$S$  = Costo de preparación o costo de hacer un pedido

$R$  = Punto de volver a pedir

$L$  = Tiempo de entrega

$H$  = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio

Del lado derecho de la ecuación,  $DC$  es el costo de compra anual para las unidades,  $(D/Q)S$  es el costo de pedido anual (el número real de pedidos hechos,  $D/Q$ , por el costo de cada pedido,  $S$ ) y  $(Q/2)H$  es el costo de mantenimiento anual (el inventario promedio,  $Q/2$ , por el costo de mantenimiento y almacenamiento de cada unidad,  $H$ ). Estas relaciones entre los costos se muestran en una gráfica en la Figura 3.6.

El segundo paso en el desarrollo de modelos consiste en encontrar la cantidad de pedidos  $Q_{opt}$  en la que el costo total es el mínimo. En la Figura 3.6, el costo total es mínimo en el punto en el que la pendiente de la curva es cero. Utilizando el cálculo, se toma la derivada del costo total con respecto a  $Q$  y se hace igual a cero. Para el modelo básico que aquí se estudia, los cálculos son:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

$$\frac{dTC}{dQ} = 0 + \left(\frac{-DS}{Q^2}\right) + \frac{H}{2} = 0$$

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

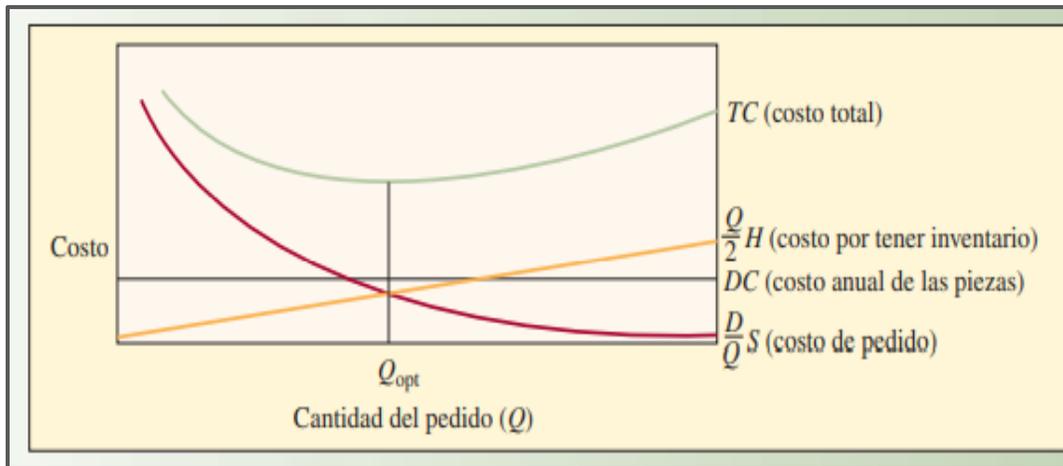
Como este modelo sencillo supone una demanda y un tiempo de entrega constantes, no es necesario tener inventario de seguridad y el punto de volver a pedir,  $R$ , simplemente es:

$$R = \bar{d}L$$

Donde:

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio (constante)

$L$  = Tiempo de entrega en días (constante)



**Figura 3.6.** Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido, (Chase et al., 2009).

### 3.14. Establecimiento de inventarios de seguridad

El modelo anterior supone que la demanda es constante y conocida. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, la demanda no es constante, sino que varía de un día para otro. Por lo tanto, es necesario mantener inventarios de seguridad para ofrecer cierto nivel de protección contra las existencias agotadas. El inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada.

El inventario de seguridad se puede determinar con base en varios criterios diferentes. Un enfoque común es que una compañía establezca que cierto número de semanas de suministros se van a almacenar en el inventario. Sin embargo, es mejor utilizar un enfoque que capte la variabilidad en la demanda. Por ejemplo, un objetivo puede ser algo así como “establecer el nivel de inventario de seguridad de modo que sólo haya 5% de probabilidad de que las existencias se agoten en caso de que la demanda exceda las 300 unidades”. A este

enfoque de establecer los inventarios de seguridad se le conoce como enfoque de probabilidad.

Para determinar la probabilidad de un faltante durante el periodo, simplemente se traza una distribución normal para la demanda esperada y se observa el lugar de la curva en que cae la cantidad disponible.

### **3.15. Modelo de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad**

Un sistema de cantidad de pedido fija vigila en forma constante el nivel del inventario y hace un pedido nuevo cuando las existencias alcanzan cierto nivel,  $R$ . El peligro de tener faltantes en ese modelo ocurre sólo durante el tiempo de entrega, entre el momento de hacer un pedido y su recepción.

Como muestra en la Figura 3.7, se hace un pedido cuando la posición del inventario baja al punto de volver a pedir,  $R$ . Durante este tiempo de entrega,  $L$ , es posible que haya gran variedad de demandas. Esta variedad se determina a partir de un análisis de los datos sobre la demanda pasada o de un estimado (en caso de no contar con información sobre el pasado). El inventario de seguridad depende del nivel de servicio deseado, como ya se vio. La cantidad que se va a pedir,  $Q$ , se calcula de la manera normal considerando la demanda, el costo de faltantes, el costo de pedido, el costo de mantenimiento, etc.

Por lo tanto, la diferencia clave entre un modelo de cantidad de pedido fija en el que se conoce la demanda y otro en el que la demanda es incierta radica en el cálculo del punto de volver a pedir. La cantidad del pedido es la misma en ambos casos. En los inventarios de seguridad se toma en cuenta el elemento de la incertidumbre.

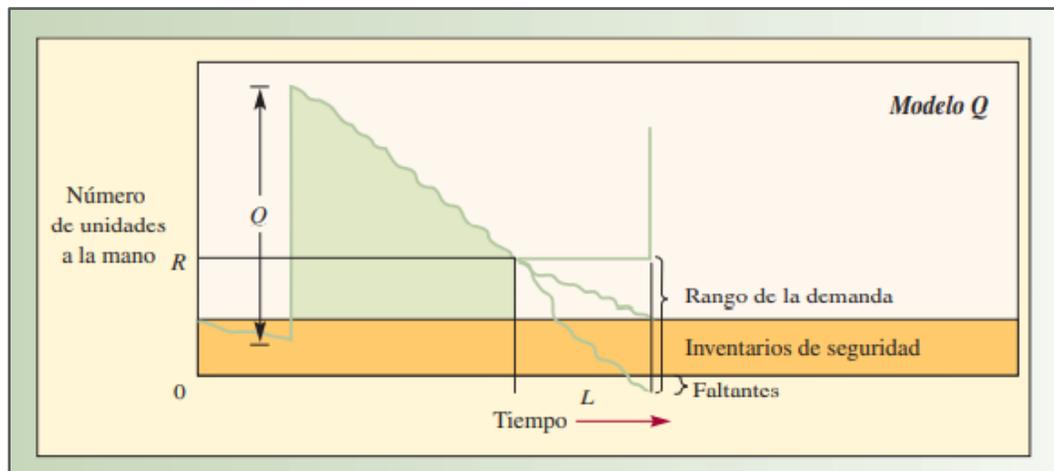


Figura 3.7. Modelo de cantidad de pedido fija, (Chase et al., 2009).

El punto de volver a pedir es:

$$R = \bar{d}L + Z\sigma_L$$

Donde:

$R$  = Punto de volver a pedir en unidades

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio

$L$  = Tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre que se hace y se recibe el pedido)

$z$  = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

$\sigma_L$  = Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega

El término  $Z\sigma_L$  es el inventario de seguridad. Si estas existencias son positivas, el efecto es volver a pedir más pronto. Es decir,  $R$  sin inventario de seguridad simplemente es la demanda promedio durante el tiempo de entrega. Si el uso en el tiempo de entrega se espera que sea de 20, por ejemplo, y se calcula que el inventario de seguridad será de 5 unidades, el

pedido se hará más pronto, cuando queden 25 unidades. Mientras más extenso sea el inventario de seguridad, más pronto se hará el pedido.

La demanda durante el tiempo de reemplazo es en realidad un estimado o un pronóstico del uso esperado del inventario desde el momento de hacer un pedido hasta el momento en que se recibe.

Puede ser un número simple (por ejemplo, si el tiempo de entrega es de un mes, la demanda se puede tomar como la demanda del año anterior dividida entre 12), o la suma de las demandas esperadas durante el tiempo de entrega.

Con las ecuaciones siguientes:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

La desviación estándar de la demanda diaria es:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n}}$$

Como  $\sigma_d$  se refiere a un día, si el tiempo de entrega se extiende varios días, se puede utilizar la premisa estadística de que la desviación estándar de una serie de ocurrencias independientes es igual a la raíz cuadrada de la suma de las varianzas. Es decir, en general,

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_L^2}$$

### 3.16. Modelos de periodos fijos

En un sistema de periodo fijo, el inventario se cuenta sólo en algunos momentos, como cada semana o cada mes. Es recomendable contar el inventario y hacer pedidos en forma periódica en situaciones como cuando los proveedores hacen visitas de rutina a los clientes y levantan pedidos para toda la línea de productos o cuando los compradores quieren combinar los pedidos para ahorrar en costos de transporte.

Otras empresas operan en un periodo fijo para facilitar la planeación del conteo del inventario; por ejemplo, el Distribuidor X llama cada dos semanas y los empleados saben que es preciso contar todos los productos del Distribuidor X.

Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. El sistema de cantidad de pedido fija supone el rastreo continuo del inventario disponible y que se hará un pedido al llegar al punto correspondiente. En contraste, los modelos de periodo fijo estándar suponen que el inventario sólo se cuenta en el momento específico de la revisión.

Es posible que una demanda alta haga que el inventario llegue a cero justos después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Por lo tanto, es probable que el inventario se agote durante todo el periodo de revisión,  $T$ , y el tiempo de entrega,  $L$ . Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra las existencias agotadas en el periodo de revisión mismo, así como durante el tiempo de entrega desde el momento en que se hace el pedido hasta que se recibe.

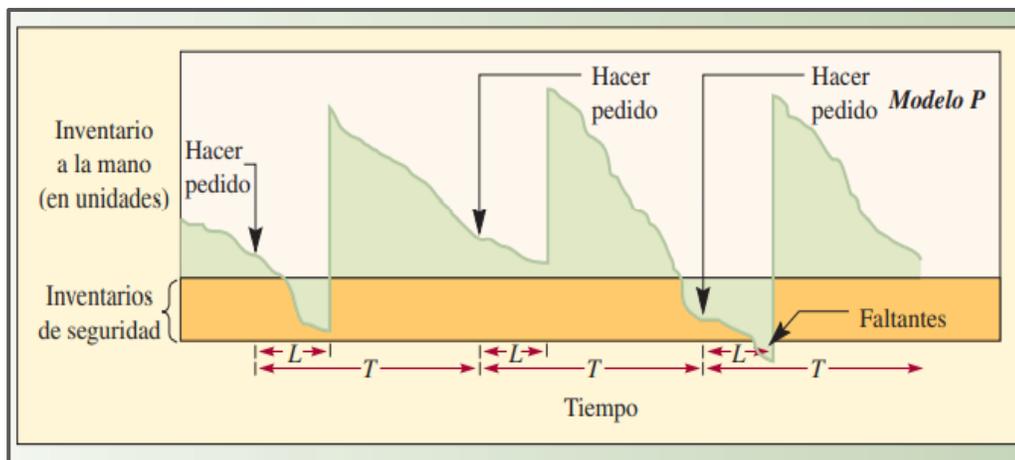


Figura 3.8. Modelo de inventario de periodo fijo. (Zijm. et al., 2019).

### 3.17. Integración de dispositivos móviles

El Internet de las Cosas hace que un sistema de gestión de almacenes (WMS) sea más valioso que nunca, llenándolo de datos útiles procedentes de sensores digitales, dispositivos y máquinas habilitadas para el Internet de las Cosas. El siguiente paso es modernizar el acceso humano a su SGA. A medida que actualizan la tecnología heredada a los dispositivos IoT, los líderes de los almacenes con visión de futuro están cambiando las pantallas verdes por potentes y flexibles.

Los beneficios se manifiestan en tres aspectos clave de sus operaciones:

#### Procesos optimizados:

La tecnología portátil, sobre todo la que permite tener las manos libres, reduce el número de pasos necesarios para realizar tareas como la recogida, la clasificación y la clasificación. Cuando los empleados ya no tienen que manejar portapapeles u ordenadores de mano más grandes, ahorran una cantidad de tiempo significativa, especialmente en un almacén de gran volumen.

Los dispositivos móviles también permiten a los responsables pedir a los empleados que realicen otros servicios a distancia. Reducir la dependencia de los empleados de los dispositivos compartidos y del papeleo físico también ayuda a proteger su salud y seguridad.

**Reducción de costes:**

Gracias a la mayor eficiencia de los dispositivos del Internet de las Cosas, el tiempo de los empleados se invierte de forma más inteligente, y el tiempo ahorrado puede reasignarse a tareas de mayor valor.

**Reducción de errores:**

En un almacén inteligente debidamente equipado, los dispositivos móviles pueden eliminar por completo los procesos basados en papel y reducir significativamente las oportunidades de error humano asociadas a la introducción manual de datos. La eliminación de estos errores aumenta la eficiencia del almacén y puede aumentar su capacidad sin necesidad de ampliarlo físicamente.

## Capítulo IV: Resultados

### 5.1. Propósito

El propósito de este proyecto es dar una visión general de un modelo estratégico para administrar y gestionar el inventario dentro de una comercializadora. La metodología se basa en el resultado de un pronóstico para conocer la capacidad que se requiere dentro de un inventario. Se lleva a cabo una investigación de la administración, gestión de la cadena de suministro, control de inventarios y problemas relacionados con el inventario en la comercialización y sus diversos parámetros. Una metodología para los problemas que enfrenta un control de inventario en una empresa comercializadora.

### 5.2. Administración de la demanda

El propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, con el fin de poder usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo. Existen dos fuentes básicas de la demanda: dependiente e independiente. La demanda dependiente es la demanda de un producto o servicio provocada por la demanda de otros productos o servicios, y la demanda independiente.

La compañía puede:

1. Adoptar un papel activo para influir en la demanda. La empresa puede presionar a su fuerza de ventas, ofrecer incentivos tanto a los clientes como a su personal, crear campañas para vender sus productos y bajar precios. Estas acciones pueden incrementar la demanda. Por el contrario, es posible disminuir la demanda mediante aumentos de precios o la reducción de los esfuerzos de ventas.

2. Adoptar un papel pasivo y simplemente responder a la demanda. Existen varias razones por las que una empresa no trata de cambiar la demanda, sino que la acepta tal como llega. Si una compañía funciona a toda su capacidad, tal vez no quiera hacer nada en cuanto a la demanda.
  
3. Otras razones pueden ser que la compañía no tenga el poder de cambiar la demanda debido al gasto en publicidad; es probable que el mercado sea fijo y estático; o que la demanda esté fuera de su control (como en el caso de un proveedor único). Existen otras razones competitivas, legales, ambientales, éticas y morales por las que la demanda del mercado se acepta de manera pasiva.

Es necesaria mucha coordinación para manejar estas demandas dependientes, independientes, activas y pasivas. Las demandas se originan tanto interna como externamente en forma de ventas de productos nuevos por parte de marketing.

### **5.3. Pronósticos**

El pronóstico se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación.

Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, el enfoque primario de este capítulo, se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas, y se describe en la sección siguiente.

El pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico.

## 5.4. Componentes de la demanda

En la mayor parte de los casos, la demanda de productos o servicios se puede dividir en seis componentes: demanda promedio para el periodo, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y auto correlación.

Los factores críticos son más difíciles de determinar porque quizá el tiempo se desconoce o no se toma en cuenta la causa del ciclo. La influencia cíclica sobre la demanda puede provenir de eventos tales como elecciones políticas, guerras, condiciones económicas o presiones sociológicas.

Las variaciones aleatorias son provocadas por los eventos fortuitos. Estadísticamente, al restar todas las causas conocidas de la demanda (promedio, tendencias, estacionales, cíclicas y de auto correlación) de la demanda total, lo que queda es la parte sin explicar de la demanda. Si no se puede identificar la causa de este resto, se supone que es aleatoria.

La auto correlación indica la persistencia de la ocurrencia. De manera más específica, el valor esperado en un momento dado tiene una correlación muy alta con sus propios valores anteriores. En la teoría de la línea de espera, la longitud de una línea de espera tiene una auto correlación muy elevada.

Es decir, si una línea es relativamente larga en un momento determinado, poco después de ese tiempo, podría esperarse que la línea siguiera siendo larga. Cuando la demanda es aleatoria, es probable que varíe en gran medida de una semana a otra. Donde existe una correlación alta, no se espera que la demanda cambie mucho de una semana a otra.

Las líneas de tendencia casi siempre son el punto de inicio al desarrollar un pronóstico. Entonces, estas líneas de tendencia se ajustan de acuerdo con los efectos estacionales, los elementos cíclicos y cualquier otro evento esperado que puede influir en el pronóstico final.

## 5.5. Análisis de regresión lineal

Puede definirse la regresión como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas. Se utiliza para pronosticar una variable con base en la otra. Por lo general, la relación se desarrolla a partir de datos observados. Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales o si por lo menos partes de los datos son lineales. La regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta.

La recta de la regresión lineal tiene la forma  $Y = a + bX$ , donde  $Y$  es el valor de la variable dependiente que se despeja,  $a$  es la secante en  $Y$ ,  $b$  es la pendiente y  $X$  es la variable independiente.

La regresión lineal es útil para el pronóstico a largo plazo de eventos importantes, así como la planeación agregada. La regresión lineal sería muy útil para pronosticar las demandas de familias de productos. Aun cuando la demanda de productos individuales dentro de una familia puede variar en gran medida durante un periodo, la demanda de toda la familia de productos es sorprendentemente suavizada.

La principal restricción al utilizar el pronóstico de regresión lineal es, como su nombre lo implica, que se supone que los datos pasados y los pronósticos futuros caen sobre una recta. Aunque esto no limita su aplicación, en ocasiones, si se utiliza un periodo más corto, es posible usar el análisis de regresión lineal.

La regresión lineal se utiliza tanto para pronósticos de series de tiempo como para pronósticos de relaciones causales. Si una variable cambia debido al cambio en otra, se trata de una relación causal.

## 5.6. Análisis de pronóstico en venta de empresa comercializadora

En la presente tesis se realiza un análisis de un pronóstico que se lleva a cabo dentro de una empresa comercializadora, teniendo en cuenta 3 diferentes distribuciones:

1. Pedir mercancías al proveedor
2. Entrega directa al cliente
3. Separado por tienda

Se elabora un concentrado en el software de Excel tomando en consideración planes promocionales, impulsos de tienda, entre otros. Donde se coloca la tienda, el grupo al que pertenece de acuerdo a la temporada, el material, los tiempos de entrega del proveedor y las cantidades requeridas para que se designara una fecha de entrega aproximada, así mismo su precio unitario, como se muestra en la Figura 4.1.

MATERIALES						
Tienda	GRUPO	MATERIA	EAN	Proveedo	Precio	
1101	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1102	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1103	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1104	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1105	3	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1106	2	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1107	6	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1108	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1109	2	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1110	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1111	3	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1112	4	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1113	5	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1114	5	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1115	3	1501457001	7506042118060.00	10001287	68.88	
1117	4	1501457001	7506042118060.00	1001287	68.88	

Figura 4.1. Materiales

Los pedidos que nosotros tomamos en cuenta se hacían en 3 diferentes distribuciones. La primera haciendo referencia a cuando se pedía la mercancía al proveedor, su acomodo ellos mismo lo llevaban a cabo. En sus tipos de entrega se manejan los siguientes:

- Entrega directo a tienda, donde el proveedor pasaba la mercancía por un CEDIS entregando directo a sucursal y obteniendo un ahorro de tiempo de logística.
- Separado por tienda, donde esa distribución se entregaba al CEDIS, esa mercancía la tomamos en cuenta de acuerdo a nuestro concentrado y análisis de cuantas piezas y que tipo de material se va a pedir, y el proveedor se encargaba del empaquetado para cada sucursal. Teniendo la facilidad de que como ingresaba al CEDIS, posteriormente se ingresaba al sistema y se enviaba al pedido correspondiente de distribución. Ahorrando tiempo de acomodo de mercancía.
- Flujo continuo, donde el proveedor entregaba la cantidad solicitada de acuerdo a lo solicitado. En esta distribución la CEDIS tenía el trabajo de acomodo, por lo cual el tiempo era mayor a la entrega final.

Donde cada apartado hace referencia a lo siguiente:

**Tienda:** En este apartado hacemos referencia a la sucursal a la que pertenece el inventario y su pronóstico.

**Grupo:** En este apartado, para la comercializadora tomamos una escala de 0 a 7 donde 0 es más frío y 7 más caliente, esto con el objetivo de saber es que temporada se encuentra cada sucursal y poder sacar un pronóstico más adecuado.

**Material:** En este apartado hacemos referencia a 6 materiales de los cuales nos enfocaremos a sacar los pronósticos. Donde posteriormente en **EAN** colocamos su número correspondiente al código de barras y enseguida su **proveedor** que surte el mismo material.

**Precio:** En este apartado colocamos el precio unitario del material.

Así mismo agregamos un apartado de inventario donde hacemos referencia a datos reales de una comercializadora de lo que se tiene actualmente en la tienda, así mismo se coloca el pedido pendiente que se tiene un total de ambos, como se muestra en la Figura 4.2.

Para los pronósticos se tiene que contar con un listado de material a analizar para mediante esto poder consultar la venta, obteniendo una venta histórica, la cual se obtenida de una base de datos, la cual se realizaba a través de una venta reconstruida a través de un análisis de costo-venta para poder llevar a cabo el requerimiento y compra de la mercancía que se ocupa.

Para poder realizar este análisis se tomaba en cuenta un análisis de series de tiempo, con el objetivo de utilizar los históricos de los hechos ocurridos para prever el futuro y también se utilizan índices estacionales donde nos basamos al grupo que pertenece cada material.

Una vez realizando este análisis, proseguíamos a nuestro pronóstico de venta, que hace referencia al pronóstico actual, el cual se realizaba con un análisis de venta a tienda. Basando el histórico de tienda real, tomando en cuenta material a tienda, para saber con exactitud qué cantidad de materia se debe de mandar a cada sucursal.

Una vez considerando cuantos materiales se habían vendido se asignaba un ponderado a cada tienda. Para poder repartir el pronóstico grande a material – tienda. Así mismo se realizaba una revisión de las tiendas que no tenían una buena venta en el periodo determinado y por último si el pronóstico realizado se había reflejado.

### **Elección de ponderaciones**

La experiencia y las pruebas son las formas más sencillas de elegir las ponderaciones. Por regla general, el pasado más reciente es el indicador más importante de lo que se espera en el futuro y, por lo tanto, debe tener una ponderación más alta.

Los ingresos o la capacidad de la planta del mes pasado, por ejemplo, serían un mejor estimado para el mes próximo que los ingresos o la capacidad de la planta de hace varios

meses. No obstante, si los datos son estacionales, por ejemplo, las ponderaciones se deben establecer en forma correspondiente.

	INVENTARIO			PRONOSTICO DE VENTA												
	INV	PP	TOTAL	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
6	4,505	4	4,509	0	823	1,110	1,065	1,705	2,139	3,758	13,101	40,490	3,126	1,100	537	408
8	0	0	0	1	1	1	2	2	4	14	44	3	1	1	0	
9	1	0	1	1	2	2	2	3	5	19	59	5	2	1	1	
10	6	0	6	3	4	4	6	8	14	49	152	12	4	2	2	
11	1	0	1	2	2	2	4	5	8	28	86	7	2	1	1	
12	2	0	2	1	1	1	2	2	4	12	38	3	1	1	0	
13	7	0	7	0	0	0	0	1	1	3	10	1	0	0	0	
14	39	0	39	4	5	5	8	10	17	61	188	15	5	2	2	
15	9	0	9	0	0	0	1	1	2	5	16	1	0	0	0	
16	8	0	8	0	1	1	1	1	2	6	20	2	1	0	0	
17	0	0	0	0	1	1	1	1	2	6	19	1	1	0	0	
18	13	0	13	0	0	0	1	1	1	4	14	1	0	0	0	
19	8	0	8	1	1	1	1	2	3	10	29	2	1	0	0	
20	0	0	0	2	2	2	3	4	7	26	80	6	2	1	1	
21	0	0	0	13	18	17	28	35	61	213	657	51	18	9	7	
22	4	0	4	0	0	0	0	1	1	3	10	1	0	0	0	
23	0	0	0	1	2	2	3	4	6	22	69	5	2	1	1	

Figura 4.2. Pronóstico de venta

### 5.7. Sistemas de inventarios

Sistema de resurtido opcional Un sistema de resurtido opcional obliga a revisar el nivel del inventario con una frecuencia fija y pedir el suministro de resurtido si el nivel está por debajo de cierta cantidad.

El nivel de inventario máximo (que se conoce como M) se puede calcular con base en la demanda, los costos de pedido y los costos de faltantes. Como lleva tiempo y cuesta dinero hacer un pedido, es posible establecer un tamaño de pedido mínimo Q. Luego, cada vez que se revise esa pieza, la posición del inventario (que se llama I) se resta del nivel de resurtido (M). Si el número (llamado q) es igual o mayor que Q, se debe pedir q. De lo

contrario, déjelo como está hasta el próximo periodo de revisión. Expresado de manera formal:

$$q = M - I$$

Si

$$q \geq Q \text{ pida } q$$

Mantener el inventario mediante el conteo, la elaboración de pedidos, la recepción de existencias, etc. Requiere de tiempo del personal y cuesta dinero. Cuando existen límites para estos recursos, el movimiento lógico consiste en tratar de utilizar los recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. En otras palabras, enfocarse en las piezas más importantes en el inventario.

Cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir una pieza y cuántas unidades ordenar. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una.

El inventario que nosotros manejamos se hace a una demanda a nivel de 3 meses con un stock de seguridad en caso de que llegara a ocurrir un incidente. Pero tomando en cuenta que los pedidos se debían realizar con una anticipación de 2 a 3 meses, dependiendo el material que se iba a solicitar y el grupo al que pertenecía y el proveedor al que le correspondía.

Se maneja un estándar en ocasiones a 60 días para los proveedores nacionales y de 90 a 120 días para proveedores internacionales, que traían exportaciones. Se tenía así mismo un lote mínimo de compra que era de 12 piezas por proveedor.

El pronóstico de venta como se muestra en la Figura 4.3 se consideraba para un análisis profundo de saber por qué las ventas llegan hacer bajas o si realmente se está llevando

a cabo el pronóstico realizado. Teniendo en cuenta que las series de tiempo pueden ser modificadas por los compradores de acuerdo a las ventas que cada sucursal solicitaba.

VTA										
881	705	646	541	1,159	3,733	8,401	28,740	1,589	572	115
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	0	0	8	3	5	6	0	0	0
0	5	3	0	4	19	4	22	8	1	0
0	0	0	0	0	10	43	66	10	6	0
1	1	3	0	0	8	18	44	4	1	0
0	3	0	0	0	7	9	20	1	0	0
0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0
4	0	0	0	0	65	42	79	15	0	0
0	0	0	0	2	4	0	8	4	0	0
0	0	1	4	5	2	3	4	0	0	0
1	0	0	0	0	3	14	3	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	12	0	0	0
0	0	4	0	0	0	3	10	3	0	0
17	24	9	0	11	12	5	20	0	0	0
39	15	21	31	24	126	91	190	5	0	0
0	0	0	0	0	0	5	5	3	0	0
0	0	0	0	0	17	5	53	1	0	0
0	0	0	0	3	6	2	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	25	6	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	2	31	15	7	4	0	0
0	7	3	0	0	24	0	0	0	23	0
1	1	0	0	0	11	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0

Figura 4.3. VTA

## 5.8. Errores de pronostico

El término error se refiere a la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. En estadística, estos errores se conocen como residuales. Siempre y cuando el valor del pronóstico se encuentre dentro de los límites de confianza, como se verá más adelante en “Medición del error”, éste no es realmente un error. Pero el uso común se refiere a la diferencia como un error.

La demanda de un producto se genera mediante la interacción de varios factores demasiado complejos para describirlos con precisión en un modelo. Por lo tanto, todas las proyecciones contienen algún error. Al analizar los errores de pronóstico, es conveniente distinguir entre las fuentes de error y la medición de errores.

## 5.9. Fuentes de error

Los errores pueden provenir de diversas fuentes. Una fuente común de la que no están conscientes muchos encargados de elaborar los pronósticos. Las siguientes fuentes son los errores comunes:

- Es común relacionar una banda de confianza con la recta de la regresión para reducir el error sin explicar. Pero cuando se utiliza esta recta de la regresión como dispositivo de pronóstico, es probable que el error no se defina de manera correcta mediante la banda de confianza proyectada.

Esto se debe a que el intervalo de confianza se basa en los datos pasados; quizá no tome en cuenta los puntos de datos proyectados y por lo tanto no se puede utilizar con la misma confianza. De hecho, la experiencia ha demostrado que los errores reales suelen ser mayores que los proyectados a partir de modelos de pronóstico.

Los errores se pueden clasificar como sesgados o aleatorios:

1. Los errores sesgados: Ocurren cuando se comete un error consistente, las fuentes de sesgo incluyen el hecho de no incluir las variables correctas; el uso de las relaciones equivocadas entre las variables; el uso de la recta de tendencia errónea; un cambio equivocado en la demanda estacional desde el

punto donde normalmente ocurre; y la existencia de alguna tendencia secular no detectada.

2. Los errores aleatorios: Se definen como aquellos que el modelo de pronóstico utilizado no puede explicar.

### 5.10. Medición de errores

Varios términos comunes empleados para describir el grado de error son:

- Error estándar
- Error cuadrado
- Desviación absoluta media.

Además, es posible usar señales de rastreo para indicar cualquier sesgo positivo o negativo en el pronóstico. El error estándar es la raíz cuadrada de una función, a menudo es más conveniente utilizar la función misma. Esto se conoce como error cuadrado medio o varianza. La desviación absoluta media se utilizaba con mucha frecuencia en el pasado, pero posteriormente fue reemplazada por la desviación estándar y las medidas de error estándar.

Se calcula utilizando las diferencias entre la demanda real y la demanda pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre el número de puntos de datos o, en forma de ecuación, como se muestra a continuación.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

Donde:

$t$  = Número del periodo.

$A$  = Demanda real para el periodo.

$F$  = Demanda pronosticada para el periodo.

$n$  = Número total de periodos.

$||$  = Símbolo utilizado para indicar el valor absoluto sin tomar en cuenta los signos positivos y negativos.

Cuando los errores que ocurren en el pronóstico tienen una distribución normal, la desviación absoluta media se relaciona con la desviación estándar como:

1 Desviación estándar =  $\sqrt{\frac{\pi}{2}}$  × desviación absoluta media, o aproximadamente 1.25 MAD

Por el contrario

$$1 \text{ MAD} = 0.8 \text{ desviaciones estándar}$$

Una señal de seguimiento es una medida que indica si el promedio pronosticado sigue el paso de cualquier cambio hacia arriba o hacia abajo en la demanda. Como se utiliza en el pronóstico, la señal de seguimiento es el número de desviaciones absolutas medias que el valor pronosticado se encuentra por encima o por debajo de la ocurrencia real.

## Conclusiones

Las actividades de las operaciones y el suministro de la empresa deben apoyar, en términos estratégicos, las prioridades competitivas de la empresa. Los métodos de pronóstico de series de tiempo; los cuales permiten hacer un análisis con los datos disponibles

El estudio de series de tiempo tiene como objetivo central desarrollar modelos estadísticos que expliquen el comportamiento de una variable aleatoria que varía con el tiempo, o con la distancia, o según un índice; y que permiten estimar pronósticos futuros de dicha variable aleatoria. Poder identificar las ganancias que se tendrán en determinado tiempo, así como el flujo de productos vendidos o producidos.

El uso y aplicación correcta de los pronósticos en la toma de decisiones de las empresas comercializadoras es de interés porque representa una iniciativa hacia la competitividad a través del fortalecimiento de las habilidades de los directivos de las mismas.

La elección correcta de la técnica de pronóstico es fundamental en la planificación. Elegir al azar y confiar que den resultados acertados es ciertamente equivocado, porque no existe un modelo ideal generalizable a todas las problemáticas. Por esta razón, en la presente tesis se realiza un análisis comparativo de la técnica de pronósticos a través de una serie de tiempo utilizada comúnmente en una empresa comercializadora, observando su comportamiento con datos históricos de venta de los 7 materiales diferentes.

Finalmente, se recomienda el uso de los pronósticos primordialmente en los productos más importantes de la empresa con el fin de generar un impacto a mayor escala en la reducción de costos de inventario, eligiéndose la técnica adecuada para cada producto mediante un análisis comparativo previo.

## Bibliografía

- Affia, I., & Amer, A. (2021). An internet of things-based smart warehouse infrastructure: design and application. *Journal of Science and Technology Policy Management*.
- Bonilla, I., Arturo, T., & Morles, M. (2016). Iot, El Internet De Las Cosas Y La Innovación De Sus Aplicaciones. *Vinculatégica EFAN*, 1, 2313–2340. <http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Revistas/R2/2313-2340> - Iot, El Internet De Las Cosas Y La Innovacion De Sus Aplicaciones.pdf
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquiliano, N. (2009). Gestión por Procesos en sistemas de gestión. In *Gestion-Calidad.com*. [https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi\\_blog/r/Administracion\\_de\\_Operaciones\\_-\\_Completo.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf)
- Darmawan, A., Wong, H., & Thorstenson, A. (2021). Supply chain network design with coordinated inventory control. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 145(2), 102168. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102168>
- Evtodieva, T. E., Chernova, D. V., Ivanova, N. V., & Kisteneva, N. S. (2019). Logistics 4.0. *Contributions to Economics*, 207–219. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11754-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11754-2_16)
- Fan, T. J., Chang, X. Y., Gu, C. H., Yi, J. J., & Deng, S. (2014). Benefits of RFID technology for reducing inventory shrinkage. *International Journal of Production Economics*, 147(PART C), 659–665. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.05.007>
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). Introduction to Logistics Systems Management. In *Introduction to Logistics Systems Management*.
- Hamdy, W., Mostafa, N., & Elawady, H. (2018). Towards a smart warehouse management system. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018(SEP), 2555–2563.

- Han, K. H., Bae, S. M., & Lee, W. (2018). Integrated inventory management system for outdoors stocks based on small UAV and beacon. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 746, 533–541.
- Huang, Y. S., Fang, C. C., & Lin, Y. A. (2020). Inventory management in supply chains with consideration of Logistics, green investment and different carbon emissions policies. *Computers and Industrial Engineering*, 139(November 2019), 106207. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106207>
- Ivanov., D., Tsipoulanidis., A., & Schonberger., J. (2016). *Global Supply Chain and Operations Management* (Springer).
- Jabbar, S., Khan, M., Silva, B. N., & Han, K. (2018). A REST-based industrial web of things' framework for smart warehousing. *Journal of Supercomputing*, 74(9), 4419–4433.
- Kanagachidambaresan, G. R. et. al. (2020). *Internet of Things for Industry 4.0 Design, Challenges and Solutions*.
- Kucharavy, D., Damand, D., Barth, M., & Derrouiche, R. (2018). Collaborative Design of Warehousing 4.0 Using the Concept of Contradictions. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 534). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99127-6\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99127-6_34)
- Li, Y., Tan, J., & Wang, M. (2015). Design and implementation of enterprise asset management system based on IOT technology. *Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2015*, 384–388.
- Liu, L., & Geng, K. (2016). Intelligent storage system architecture research based on the internet of things. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 173, 247–256. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-44350-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44350-8_25)

- Manthou, V., & Vlachopoulou, M. (2001). Bar-code technology for inventory and marketing management systems: A model for its development and implementation. *International Journal of Production Economics*, 71(1–3), 157–164. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00115-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00115-8)
- Nakano, M. (2020). *Supply Chain Management: Strategy and Organization*.
- Nayyar, A., Nguyen, B.-L., & Nguyen, N. G. (2020). The Internet of Drone Things (IoDT): Future Envision of Smart Drones. In A. K. Luhach, J. A. Kosa, R. C. Poonia, X.-Z. Gao, & D. Singh (Eds.), *First International Conference on Sustainable Technologies for Computational Intelligence. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 563–580). Singapore: Springer.
- Oliver, R. K., & Webber, M. D. (1982). Logistics catches up with strategy. In C. M. *Supply-Chain Management, Logistics: The strategic issues*, 63–75.
- Ortega-Palma, B., Vera-Marquéz, A., Hernández-García, R., González-Hernández, I. J., & Zuno-Silva, J. (2020). Un vistazo a la arquitectura de un sistema inteligente de administración de inventarios basado en tecnologías de la Industria 4.0. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 7(14), 1–7.
- Ready, P. J., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2015). Bottom-up approach based on Internet of Things for order fulfillment in a collaborative warehousing environment. *International Journal of Production Economics*, 159, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.017>
- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3867–3872. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.641>
- Soheilrad, S., Govindan, K., Mardani, A., Zavadskas, E. K., Nilashi, M., & Zakuan, N. (2018). Annals of Operations Research. In *Application of data envelopment analysis models in supply chain management: a systematic review and meta-analysis*. (pp. 271,915-969).

- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/00207543.2019.1612964>
- Zhou, W., Piramuthu, S., Chu, F., & Chu, C. (2017). RFID-enabled flexible warehousing. *Decision Support Systems*, 98, 99–112. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.05.002>
- Zijm., H., Klumpp., M., Regattieri., A., & Heragu., S. (2019). *Operations, Logistics and Supply Chain Management*. (Springer).

## Anexos

### Vocabulario

**Estrategia de operaciones y suministro:** Establecer políticas y planes generales para utilizar los recursos de una empresa de modo que apoyen mejor la estrategia competitiva de la empresa a largo plazo.

**Ambigüedad:** Se presenta cuando una empresa pretende igualar lo que está haciendo un competidor y añade nuevas características, servicios o tecnologías a las actividades ya existentes. Esto suele provocar problemas cuando es necesario establecer ciertas áreas de oportunidad.

**Ganador de pedidos:** Una dimensión que distingue los productos o los servicios de una empresa de los de otra.

**Calificador de pedidos:** Una dimensión usada para tamizar un producto o servicio que será candidato a su compra.

**Mapas de sistemas de actividades:** Un diagrama que muestra cómo se realiza la estrategia de una compañía por medio de una serie de actividades de apoyo.

**Competencias centrales:** Habilidades que distinguen a una empresa manufacturera o de servicios de sus competidoras.

**Productividad:** Una medida de qué tan bien se utilizan los recursos.

**Eficiencia:** Hacer algo al costo más bajo posible.

**Eficacia:** Hacer lo correcto para crear el mayor valor posible para la compañía.

**Valor Razón de la calidad al precio pagado:** La “felicidad” competitiva es poder incrementar la calidad y reducir el precio, al mismo tiempo que se conservan o aumentan los márgenes de utilidad.

**Desviación absoluta media (MAD por sus siglas en ingles):** Error promedio del pronóstico usando valores absolutos de error de cada pronóstico anterior.

**Pronóstico de regresión lineal:** Técnica de pronóstico en la que se presume que los datos previos y las proyecciones a futuro caen sobre una recta.

**Inventario:** Las existencias de una pieza o recurso que una organización utiliza.

**Demanda independiente:** La demanda de piezas distintas que no tienen relación entre sí.

**Demanda dependiente:** La necesidad de cualquier pieza es resultado directo de la necesidad de otro, casi siempre un producto del que forma parte.