

Wlamyr Palacios Alvarado • Álvaro Junior Caicedo Rolón • Nelson Javier Cely Calixto



PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

PARA DUMMIES



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación

PRODUCCIÓN Y OPERACIONES **PARA DUMMIES**

Wlamyr Palacios Alvarado
Álvaro Junior Caicedo Rolón
Nelson Javier Cely Calixto

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Palacios Alvarado, Wlamyr Producción y operaciones para dummies / Wlamyr Palacios Alvarado, Alvarado Junior Caicedo Rolon, Nelson Javier Celys Calixto-San José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander, 2022

79 p. – (Ingeniería, Tecnología, educación)

Contiene datos curriculares de los autores – contiene referencias bibliográficas.

Título del libro:

Producción y operaciones para *dummies*

Área: Ingenierías

Sub Área: Tecnología – Educación.

Autores:

© WLAMYR PALACIOS ALVARADO

© ALVARO JUNIOR CAICEDO ROLON

© NELSON JAVIER CELY CALIXTO

©Universidad Francisco
de Paula Santander
Avenida Gran Colombia
No.12E-98, Barrio Colsag
San José de Cúcuta - Colombia
Teléfonos: 6075776655



Primera Edición: Bogotá, octubre del 2022

ISBN: 78-628-95305-1-3

CDD 338.6.0711

Director Editorial: José Rafael Riveros
Corrección de Estilo: Ivanna Alejandra Medina Rincón
Diagramación y Diseño: Jorge Rodríguez.
Impresión: Editorial Creser S.A.S.

Editorial Creser s.a.s.

gestor@editorialcreser.com

www.editorialcreser.com

transversal 73A #82H – 30

Tel.: 6015103996 Cel: 3162382656



Bogotá – Colombia 2022

No se permite la reproducción total o parcial de este, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier medio sea este electrónico, mecánico, por fotocopia u otro método sin el permiso previo y por escrito del autor.

Impreso y hecho en Colombia – Todos los derechos reservados

Agradecimientos

El desarrollo del presente documento es producto del apoyo de múltiples personas, tanto en el ámbito académico como en el laboral. Por tal motivo, mencionar a todos y cada uno de los involucrados resulta una tarea difícil, sin embargo, queremos destacar a aquellos que participaron de manera continua en este documento. Agradecemos directamente a:

- A la Universidad Francisco de Paula Santander, por permitir la interacción académica con los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial y el uso de la infraestructura tecnológica para la solución de los modelos matemáticos.
- A los estudiantes de octavo semestre del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander por sus aportes y empeño en el fortalecimiento del presente texto desde la asignatura de Planeación y control de la producción.
- A todo el equipo de trabajo de ECOE Ediciones, pues han hecho posible esta publicación.

Contenido

Introducción	15
--------------------	----

Capítulo 1

Historia y Conceptos Básicos del Control y Administración de La Producción	17
1.1 Historia De La Administración De La Producción.....	17
1.2. Conceptos Y Definiciones Claves De La Administración De La Producción.	19
1.2.1 Tipos De Sistemas De Producción	22
1.2.2 Estrategias De Producción Respecto A Las Organizacionales Y La Competitividad.....	23
1.3 Diferencia Entre Un Bien Y Servicio.....	25

Capítulo 2

Introducción A La Planificación De Recursos Empresariales.....	27
2.1 Definición Y Actualidad De Los Sistemas De Gestión Modernos.....	27
2.2 Administración Y Pronósticos De La Demanda.....	29
2.2.1 Técnicas Cuantitativas De Pronósticos.....	30
2.3 Sistema De Inventarios.....	51
2.3.1 Funciones Del Inventario.	52
2.3.2 Tipos De Inventario.	52
2.3.3 Gestión De Inventarios.	53

Capítulo 3

Nociones De Planeación Agregada Y Control De Producción	63
3.1 Conceptualización Y Definición Del Término.....	63
3.2 Estrategias De La Planeación Agregada	64
Referencias	75

Índice Figuras

Figura 1. Línea De Tiempo Ingeniería Industrial	18
Figura 2. Estructura Del Área De Producción	21
Figura 3. Componentes De Una Estrategia De Producción.....	24
Figura 4. Componentes Ecuación De La Recta.....	35
Figura 5. Demanda Vs Periodos Analizados.....	37
Figura 6. Resultados Pronósticos Método Series De Tiempo.....	41
Figura 7. Gráfica De Tendencia Demanda. Ejercicio Propuesto Para El Método Winter	47
Figura 8. Representación Modelo Winter Excel.....	49
Figura 9. Pronósticos Obtenidos Método Winter	50
Figura 10. Pronósticos Vs Histórico De Datos Método Winter.....	51
Figura 11. Gráfica Demanda Del Ejercicio Propuesto	67

Índice de tablas

Tabla 1.	Datos Del Ejemplo De Aplicación De Los Modelos De Análisis De Series	32
Tabla 2.	Margen De Error En Promedios Móviles Simples Y Ponderados	34
Tabla 3.	Datos Del Ejemplo Práctico Regresión Lineal.....	36
Tabla 4.	Datos Del Ejercicio Introdutorio Método Algebraico	39
Tabla 5.	Ecuaciones Modificadas Ejercicio Introdutorio Método Algebraico.....	39
Tabla 6.	Datos De Ejercicio Introdutorio Método Algebraico.....	45
Tabla 7.	Análisis Por Intervalos Demanda Propuesta.....	47
Tabla 8.	Valores Método Winter	49
Tabla 9.	Modelo ABC Resuelto	55
Tabla 10.	Demanda Ejercicio Propuesto PAP	66
Tabla 11.	Costos Ejercicio Propuesto PAP	67
Tabla 12.	Pronósticos Ejercicio Propuesto PAP	68
Tabla 13.	Estandarización De Datos PAP	69
Tabla 14.	Plan Agregado 1 Ejercicio Propuesto	69
Tabla 15.	Plan Agregado 2 Ejercicio Propuesto	71
Tabla 16.	Plan Agregado 3 Ejercicio Propuesto	72

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1.	Cálculo Del Pronóstico A Partir Del Promedio Simple	31
Ecuación 2.	Cálculo Del Pronóstico A Partir Del Promedio Ponderado.	32
Ecuación 3.	Razón Matemática De Regresión Lineal	35
Ecuación 4.	Modelo De Regresiones Para El Ejercicio Propuesto	38
Ecuación 5.	Fórmula Uno Método Algebraico.....	38
Ecuación 6.	Fórmula Dos Métodos Algebraicos	39
Ecuación 7.	Fórmula Método Algebraico Propuesto	40
Ecuación 8.	Cálculo Factor (C) Modelo Series De Tiempo	40
Ecuación 9.	Cálculo Pronóstico Deseado (D) Modelo Series De Tiempo	40
Ecuación 10.	Fórmula Modelo Suavización Exponencial.....	42
Ecuación 11.	Método Multiplicado Modelo Winter.....	43
Ecuación 12.	Método Multiplicado Modelo Winter 2	44
Ecuación 13.	Método Multiplicado Modelo Winter 3	44
Ecuación 14.	Método Multiplicado Modelo Winter 4	44
Ecuación 15.	Costes de Mantenimiento.....	56
Ecuación 16.	Costes de Materiales	56
Ecuación 17.	Costes de Inversión.....	56
Ecuación 18.	Costes de Pérdidas	56

Ecuación 19. Cálculo De Coste Anual De Preparación Modelo EOQ.....	57
Ecuación 20. Cálculo Del Coste Anual De Almacenamiento Modelo EOQ	57
Ecuación 21. Cálculo Del Número Óptimo De Piezas Modelo EOQ	57
Ecuación 22. Cálculo Del Número Estimado De Pedidos Modelo EOQ ...	58
Ecuación 23. Cálculo Del Costo Total Modelo EOQ.....	58
Ecuación 24. Cálculo Del Punto De Reorden. Modelo EOQ	58
Ecuación 25. Cálculo Modelo POQ.....	60

Prólogo

La administración de la producción continuamente ha ido evolucionando con las apariciones tecnológicas de la época, sin embargo, el eje teórico del control y manejo de las operaciones conserva una base importante respecto a las decisiones y estrategias de optimización. En sus inicios, las herramientas de control de los sistemas productivos se diseñaron en un modelo de producción en línea a gran escala, el cual contaba con escasa variedad de productos. En aquel momento el objeto de estudio eran las máquinas como eje central del sistema productivo.

En estos primeros sistemas de producción existía una tendencia a despreciar la participación de la mano de obra dentro de las operaciones, esta ocupaba un segundo plano al ser equiparada con los insumos y equipos requeridos en la obtención del bien. De este modo se hizo evidente la carencia en el análisis total de los sistemas productivos.

Con el transcurrir de los años, la necesidad de controlar efectivamente los procesos fue aumentando en los diversos próceres de la administración industrial; los cuales, acorde con la integración de métodos numéricos, lograron establecer las diversas teorías de métodos y movimientos con el fin particular de poder definir la capacidad y holgura de un proceso con base en el trabajo realizado por el hombre y la máquina.

Con estas consideraciones realistas del proceso, diversos autores (en la gran mayoría estadounidenses y japoneses) propusieron modelos de control y mejoramiento continuo de los sistemas. Estos modelos partían desde la reducción de desperdicios hasta la planeación de compras y suministros de materias primas, con lo cual la cadena de valor tenía un enfoque más detallado en cada una de sus cinco etapas del ciclo (suministros, entradas al proceso, proceso productivo, salidas del proceso y clientes). Con estas herramientas las empresas lograron obtener reducciones en sus costos e insumos intangibles de la cadena de valor, lo que permitió un avance económico e industrial para la época.

La presente obra titulada *Producción Y Operaciones Para Dummies*, contiene una recopilación documental de las teorías básicas necesarias para poder emplear los distintos modelos de control y gestión planteados en las grandes compañías; por esta razón el lector no requiere conocer a fondo la temática planteada, puesto que con la información aquí descrita podrá abordar las distintas metodologías modernas de control operacional.

Introducción

La administración de operaciones es una herramienta de control que permite a los gerentes e ingenieros a cargo de las industrias analizar los distintos actores que se involucran en un sistema productivo partiendo de una caracterización cualitativa de los procesos, la cual posteriormente es evaluada y cuantificada por distintos modelamientos matemáticos.

Históricamente, la optimización de operaciones ha sido el foco de acción o la razón de ser de la ingeniería industrial y sus respectivas áreas, ya que de esta se desprenden las diversas teorías o explicaciones claves de la administración y control de procesos; en la cual los sistemas productivos son determinados como aquel conjunto de actividades que se interrelacionan entre sí, utilizando recursos tangibles e intangibles propios de la empresa. Del manejo eficiente de estos últimos es que se proponen todos los modelos de control, los cuales fueron establecidos para reducir costos, tiempos u holguras presentes en las operaciones.

El conjunto de mecanismos de control y programación de la producción parten del análisis histórico de la compañía, con el que se logra establecer parámetros lineales y discretos de comportamiento para posteriormente poder obtener predicciones o datos futuros (pronósticos). Estos últimos generan en la mayoría de los empresarios un dilema fundamentalista acorde con la necesidad de tomar decisiones bajo criterios reales actualizados y no supuestos.

Con base a lo anteriormente mencionado, el presente documento plantea una descripción general de la administración y control de la producción: comenzando con una breve descripción de la historia industrial, seguida de un análisis general de la demanda, modelos de pronósticos y sistemas de planeación de la producción. Cada una de estas teorías está complementada con diversos subtemas que describen con brevedad la importancia de las herramientas en el panorama actual de las

empresas.

Para detallar las anteriores teorías, el presente texto fue dividido en tres grandes capítulos, los cuales cuentan con una secuencia lógica en el desarrollo y adquisición de conocimientos. Estos capítulos se resumen de la siguiente manera:

Capítulo 1

Contempla lo referente a la historia del control de operaciones y todas las variables numéricas básicas de cálculo dentro del análisis de los sistemas productivos.

Capítulo 2

Hace referencia a todas las generalidades de los modelos matemáticos de pronósticos e inventarios.

Capítulo 3

Contiene una conceptualización práctica de los mecanismos más importantes de control y programación de la producción

Para terminar, queremos agradecer a todas las personas que deseen colaborar con el mejoramiento de este texto, enviando sus sugerencias a las siguientes direcciones:

wlamyrpalacios@ufps.edu.co

alvarojuniorcr@ufps.edu.co

nelsonjaviercc@ufps.edu.co

CAPÍTULO 1

HISTORIA Y CONCEPTOS BÁSICOS DEL CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

1.1 Historia De La Administración De La Producción.

La gestión de la producción tiene sus orígenes a partir de la invención (máquina de vapor) del ingeniero inglés James Watts a finales de 1770. Esta nueva adquisición a nivel industrial irrumpió en la forma en la que se desempeñaban los procesos productivos, puesto que la mano de obra fue reemplazada en su gran mayoría por máquinas. Lo anterior propuso un nuevo paradigma de operación que fue resuelto a finales de 1911 por Frederick Taylor mediante el modelo de administración científica.

La industria en sus inicios, antes de la inclusión de las máquinas en los procesos, se encontraba limitada según fuese la capacidad humana de producción. En aquellas empresas que contaban con personal rápido, la disponibilidad final de productos tenía una tendencia a ser elevada. Si bien desde principios del siglo XX los sistemas hombre-máquina eran comunes en la gran mayoría de empresas, estos no eran analizados o utilizados en su totalidad debido a la carencia de planeación en los modelos productivos y los criterios de operacionalización.

El conocimiento real del sistema, su capacidad, tiempos y suministros requeridos para la elaboración de un producto surgieron a partir de los múltiples datos omitidos en los procesos de transformación. A ciertos padres de la ingeniería industrial, esto les causó una preocupación y motivación por innovar el diseño de estrategias de producción favorables a las necesidades y disposiciones de la empresa.

Henry Ford, es quizás, el pionero más destacado de la planeación de la producción, debido a que a partir de una conceptualización real del proceso productivo de automóviles, fue capaz de idear un sistema en línea que le permitía agrupar las actividades según fuera la secuencia e importancia entre áreas o celdas productivas. Este modelo facilitó el aumento de las ganancias de la compañía Ford y amplió la capacidad de competencia de

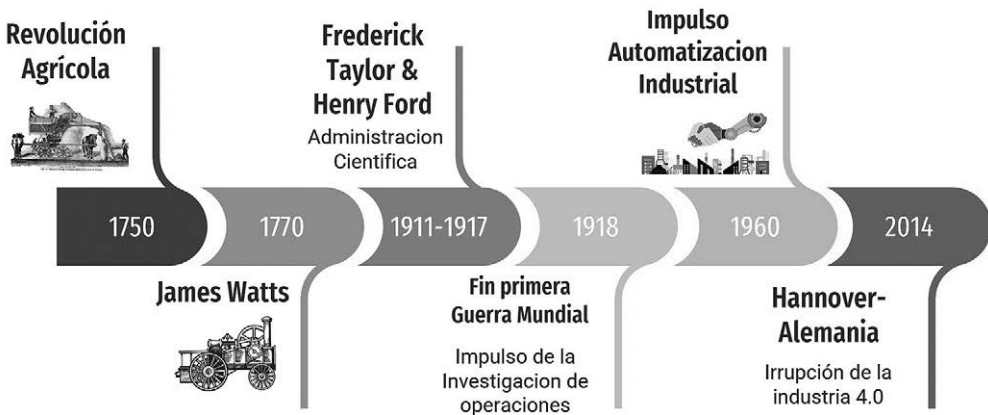
esta en el mercado mundial de automóviles dominado por las compañías alemanas como Mercedes Benz y Volkswagen.

Este modelo fue tan eficiente que en la actualidad es tenido en cuenta al momento de establecer series de producción, sin embargo, su uso se debe a las pequeñas empresas con escasa inclusión tecnológica. La invención del transistor eléctrico, cerca del año 1960, significó en la industria moderna un cambio total en el concepto de sistema por el uso de conceptos de automatización y control de operaciones, siendo el controlador digital el cerebro de la operación y el centro de generación de datos de los comportamientos del modelo productivo.

A partir de todos los avances anteriormente descritos, países como Alemania, Estados Unidos y Japón introdujeron métodos de control de la calidad, operaciones, programación, inventarios y costos. Estos se comportaban de una forma más favorable en sistemas discretos.

Vale la pena destacar lo siguiente: aunque para algunas empresas esto fue un gran avance y una herramienta de desarrollo, en las pequeñas compañías con bajo presupuesto o de menor tamaño fue de poca ayuda porque al poco tiempo se vieron involucrados en una dinámica cambiante que exigía de ciertos elementos que por cuestiones financieras eran difíciles de adquirir y, por ende, la capacidad de prolongación e incursión en el mercado disminuía. A continuación, en la figura 1 se presenta la evolución que presentó la ingeniería industrial a lo largo de los años:

Figura 1. Línea De Tiempo Ingeniería Industrial



Fuente: elaboración propia

1.2. Conceptos Y Definiciones Claves De La Administración De La Producción.

Dentro del análisis de la administración de la producción, existen diversos conceptos que divergen según sea su área o momento de aplicación. En este caso, se resaltan aquellos cuya representación conceptual es la base de análisis de un sistema productivo total, tanto cualitativa como cuantitativamente. A continuación se detallan puntualmente cada uno de estos términos:

Proceso

Es aquel grupo de operaciones sincronizadas requeridas para obtener la transformación de un insumo en un producto final. Generalmente se conocen tres tipos de procesos que varían en la participación o no participación del ser humano dentro de sus operaciones. Estos son clasificados en: manuales (requieren la intervención humana), automatizados (no requieren la intervención humana) y por último se encuentra lo híbrido, que son los procesos semiautomatizados (se utiliza la intervención humana y la ayuda de sistemas electrónicos como computadores, PLC [Controladores Lógicos Programables] u otros elementos digitales).

Productividad

Se conoce como aquel valor numérico obtenido al dividir el total de piezas producidas por uno de los factores de producción. Por ejemplo, si una compañía elabora diez camisas por minuto, su productividad será de diez camisas/minuto, lo que a su vez representa una tasa de producción de seiscientas camisas por hora producto de efectuar la conversión de sesenta minutos equivalentes a una hora; este coeficiente incrementa su valor cuando existe una disminución de los insumos mientras que las salidas permanecen constantes.

Administración De La Producción

Es la técnica en la que se plantea y controla los recursos directos necesarios para producir los bienes y servicios que ofrece una compañía; los cuales contemplan la planificación, organización, dirección, control y mejora continua de las unidades productivas inherentes al proceso.

Administración De Servicios

Es la técnica que contempla la planeación de un sistema productivo a partir del diseño, la operación y el mejoramiento de los sistemas de producción que crean bienes o servicios primarios de la compañía. Esta metodología tiene como objetivo principal elaborar productos específicos a tiempo y con costo mínimo, es decir, un manejo eficiente de los recursos intangibles de la compañía.

Sistema

Es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con un fin común. En el caso específico de las empresas, es la mezcla de factores endógenos y exógenos de la compañía en función de la transformación de una materia prima.

Producción

Es el área que cuida de los recursos físicos y materiales de una empresa, con los cuales se ejecuta la mayor parte del proceso productivo. En esta área se adquieren los insumos en bruto que posteriormente son transformados en productos finales.

En función del tamaño de la empresa se pueden encontrar diversas estructuras en la cadena de valor. Tomando como ejemplo el caso de una pequeña empresa, la tendencia es la inclusión de terceros para desempeñar labores logísticas tanto de abastecimiento como de ventas; mientras que en el caso de una mediana y gran empresa, los actores externos (intermediarios) son casi nulos.

El área de producción se rige bajo una secuencia lógica y procedimental, representada en la figura 2.

Figura 2. Estructura Del Área De Producción



Fuente: elaboración propia

En la anterior representación se pueden contemplar cada una de las etapas del área de producción al interior de las organizaciones, vale la pena resaltar que antes de que este ciclo se lleve a cabo es propicio el desarrollo de actividades importantes en lo referente al diseño de prototipos y procesos.

Si bien es verdad que las etapas previas al proceso de transformación dentro de los nuevos sistemas de producción se encuentran vinculadas a ciertas partes de la compañía (área de innovación y mercadeo), se pueden agrupar según sea el área en la cual se desempeñan al interior del sistema productivo:

- 1. Desarrollo Del Producto.** Se encarga del diseño de las organizaciones que tiene el producto (planeación).
- 2. Planeación Y Control.** Planea y controla la producción de acuerdo con la capacidad de producción que cuente la empresa.
- 3. Producción Y Operaciones.** Cuida las operaciones de producción, la agilidad de los operarios en las máquinas y la transformación de la materia prima.
- 4. Administración De Materiales.** Se encarga de la búsqueda de aprovisionamiento y abastecimiento de los materiales necesarios para la producción de bienes o servicios de la empresa.

5. **Control De La Calidad.** Se ocupa de la inspección de los productos para verificar si están de acuerdo con las especificaciones del desarrollo del producto.
6. **Mantenimiento.** Se encarga de conservar los recursos físicos y materiales de la empresa como maquinas, edificios o áreas de trabajo.

1.2.1 Tipos De Sistemas De Producción

El enfoque operativo que se tiene al momento de diseñar o estructurar las acciones del área de producción parte de una necesidad que es importante identificar, de este modo el proceso y los insumos seleccionados cumplirán con lo esperado por parte del cliente. Los sistemas de evaluación del producto se distinguen según su modalidad de control, existe control por retroalimentación (*feedback*), o control por adelanto (*feedforward*).

Cada elemento que pertenece al ciclo productivo cumple un papel importante dentro de cada compañía; estos generalmente son agrupados según la actividad económica de la empresa, por lo que es común encontrar industrias que presentan una tendencia a impulsar algunas fases o etapas de la cadena de valor, como es el caso de las nuevas tiendas *hard discount* (ARA, D1) que tienen como prioridad la distribución y la reducción por costos de inventarios. En el almacenamiento *cross docking*, los inventarios no permanecen más de un día en las bodegas.

En este mismo orden de ideas, Villalobos et al. (2011) proponen la siguiente clasificación de los sistemas de producción acorde a las necesidades u objetivos de la empresa:

Por Encargo O Singular. Tiene como características principales que cada producto es único y costoso, por tanto, requiere de procesos con gran variedad de máquinas, equipos y mano de obra especializada; esto permite a la compañía poder establecer en cada producto una fecha de entrega definida. Estos modelos cumplen parámetros discretos muy firmes, por tal razón, el uso de pronósticos es nulo o no recomendado.

Continuo O Lineal. Su principal característica es los altos volúmenes de producción que se obtienen en poco tiempo. En estos sistemas el

producto es fabricado en una sola referencia, la cual se mantiene durante largo tiempo sin modificaciones. Los procesos que aquí se ejecutan exigen máquinas y herramientas altamente especializadas, organizadas en forma lineal y secuencial.

Intermitente. La producción se realiza por pedidos. Cada pedido tiene su propia secuencia de producción, tiempo de ejecución, cantidad de producción y tiempo de entrega. En estos modelos no existe un parámetro continuo de control o evaluación de las actividades, por lo tanto, es un sistema poco atractivo para grandes empresarios o compañías con demandas continuas.

Producción En Serie. Es un sistema de manufactura que se centra en la producción en forma repetitiva, es decir, existen procesos preestablecidos según sea la necesidad de producción, permitiendo así poder fabricar grandes volúmenes de producción.

Producción Por Lotes. Se produce una cantidad limitada de una referencia. Se caracteriza porque la fábrica es capaz de producir diferentes líneas de productos. En este tipo de sistema se debe tener en cuenta que cada lote requiere de un cambio y adecuación de maquinaria por cada producto.

Distribución O Logística. Se centra en la administración de un sistema de inventarios de múltiples etapas, el cual permite la localización estratégica de puntos de inventario en relación con las necesidades del mercado y la capacidad de producción de la compañía.

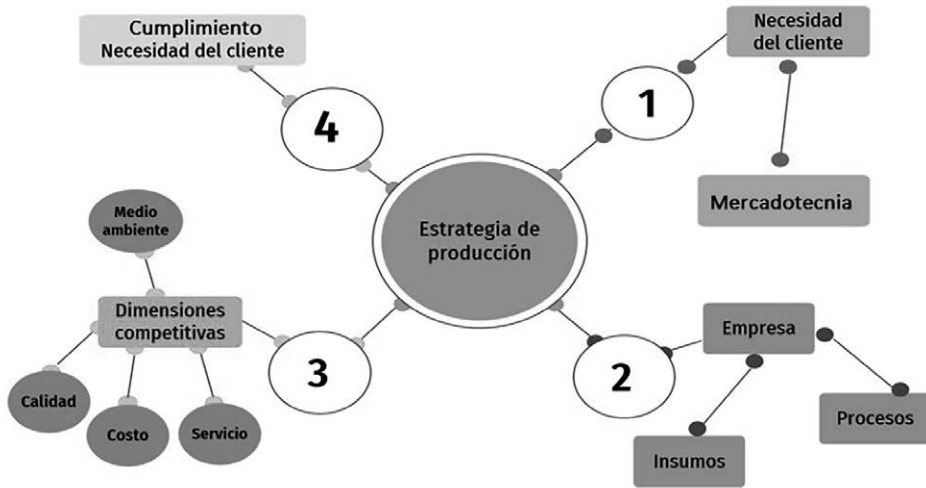
1.2.2 Estrategias De Producción Respecto A Las Organizacionales Y La Competitividad

Un buen sistema productivo requiere de herramientas o estrategias de mejora y desarrollo, las cuales se orientan en la optimización de las operaciones y la calidad de los suministros; por ende, es importante diseñar y planear cada estrategia en base a las políticas y planes generales de operación y uso de los recursos a nivel institucional.

Anticipar las necesidades o pretensiones futuras por parte de los clientes es uno de los objetivos generales de la administración de la

producción. Vale la pena resaltar que las capacidades de la empresa son vistas como el portafolio de opciones más conveniente para adaptarse a las cambiantes fluctuaciones del mercado. A continuación, en la figura 3, se expone la estructura de una estrategia de operación:

Figura 3. Componentes De Una Estrategia De Producción



Fuente: elaboración propia

Como se logra visualizar en la anterior figura, el diseño de una estrategia de producción requiere de un conjunto de elementos que se agrupan en cuatro grupos distintivos, en los cuales las dimensiones competitivas juegan un papel importante dentro de la selección o no selección de alguna política. Cada uno de estos elementos (costo, calidad, servicio, medio ambiente) juegan un papel muy importante dentro del éxito corporativo en las industrias, tal y como se propone.

Costo Y Precio. Fabricar el producto o brindar el servicio a un precio económico, en la mayoría de las industrias, suele ser una de las grandes preocupaciones. Esto es debido a que existen segmentos del mercado en los que las tendencias de compra se establecen única y exclusivamente a la selección de productos de bajo costo. Debido a esta realidad, las empresas se ven obligadas a ser un productor a bajo costo, a pesar de que esto no siempre garantice la rentabilidad ni el éxito.

Calidad. Es aquella normatividad por la cual se establecen criterios de fabricación de un producto o prestación de un servicio excelente. Para esto se definen dos características claves inherentes al producto o servicio, como lo son el diseño de producto y proceso, otorgando valor agregado a cada uno de los elementos presentes en el sistema.

Velocidad De La Entrega. Es el periodo que transcurre entre la recepción de una orden y la transformación de un insumo en un producto o brindar el servicio con rapidez y efectividad. En algunos mercados es la razón o motivo de permanencia de las compañías, por lo que la capacidad de la empresa en lo referente a la logística de entrega y ventas juega un papel fundamental al momento de competir con las demás empresas. Por ejemplo, la compañía capaz de ofrecer un servicio de reparación en sus instalaciones en solo una o dos horas tendrá una ventaja significativa frente a una compañía de la competencia que ejecute este mismo servicio en un tiempo igual a veinticuatro horas.

Confiabilidad De Entrega. Es la habilidad y el vínculo que genera la empresa con el consumidor final al momento de realizar la entrega del producto, garantizando la plena satisfacción de la necesidad del consumidor.

Solventar Los Cambios De La Demanda. En la mayoría de los mercados la demanda tiende a ser muy variable, por tal motivo, la capacidad real de la empresa no tiene un uso continuo como es de esperar. En los casos en que los niveles de producción deben aumentar conforme la existencia de un sobre pedido, se suelen presentar malas decisiones que agotan directamente los recursos tangibles e intangibles con los que se disponen en el área de producción. Por el contrario, en aquellos casos en los que la demanda suele ser menor que la capacidad de la compañía, se suelen presentar situaciones difíciles tales como despido de operarios, reducción en las utilidades, inoperatividad en los equipos, etc.

1.3 Diferencia Entre Un Bien Y Servicio

Cuando se requiere analizar un sistema productivo, el primer paso en el diagnóstico es conocer si la industria es de manufactura o servicios. En cada uno de los dos casos los actores y fases de la cadena de valor cambian y por ende los objetivos operacionales son distintos.

Un bien puede ser definido como aquel insumo al cual se le otorga un valor agregado mediante un proceso. En este caso, el elemento es tangible, lo que significa que se puede ver o percibir; a diferencia del caso de los servicios, que son todas aquellas operaciones intangibles que tienen valor agregado según cumplan las necesidades de un público específico.

Existen características generales de estos dos elementos productivos, tal y como lo detalla Ruiz (2013) en su libro *Gestión de la administración*. Este autor resume las principales diferencias en cuatro grandes aspectos:

1. Un servicio es un elemento intangible que no es perceptible a los sentidos humanos, mientras que un bien es el producto tangible de un proceso y tiene dimensiones físicas.
2. Un servicio requiere de cierto nivel de interacción con los clientes para ser un servicio, este intercambio puede presentarse en periodo breves o continuos.
3. En la mayoría de los servicios, el uso de elementos tecnológicos y digitales son indispensables para que estos logren obtener su cometido, por tal motivo, es común ver la participación de algunos elementos como cajeros, *bots* (robots de internet), asistentes de comunicación o sitios web.
4. El mejoramiento de un bien requiere de una mayor inversión en lo referente a maquinaria, mano de obra e insumos. En el caso de los servicios estos se pueden ver favorecidos por alguna innovación tecnológica o capacitación del personal a cargo de las actividades de venta, en cualquiera de los casos es la tendencia del mercado la que aprueba o no este argumento.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES

2.1 Definición Y Actualidad De Los Sistemas De Gestión Modernos.

En la actualidad la gestión interna de recursos ha transitado por una serie de avances tecnológicos y procedimentales que se contemplan de forma escalonada e interconectada en el vínculo presente en las industrias, tanto en su mano de obra como en su maquinaria. En estos nuevos modelos de gestión se proponen diversas herramientas de uso virtual en las cuales se resaltan en tiempo real la disponibilidad o carencia de recursos.

Los primeros modelos de gestión se debían al diligenciamiento de formatos elaborados (cartillas de producción) por lo jefes de producción en los cuales se detallaban las unidades producidas, los equipos utilizados y los errores o defectos encontrados en el proceso; según estos se fueran presentando en el periodo de supervisión.

Por muchos años las industrias controlaron sus operaciones por medio de esta herramienta documental tan básica pero eficiente al momento de establecer apreciaciones puntuales del proceso, sin embargo, la evolución digital y tecnología en la cual se ha enmarcado el desarrollo económico e industrial del ser humano permitió que estas técnicas transitaran a elementos de control más exactos y sofisticados, los cuales cambiaron los modos de gestionar procesos.

En primera instancia, el manejo de recursos dentro de las organizaciones fue segmentado por la tipología de estos al interior del sistema productivo, es decir, el capital humano fue gestionado de forma independiente a los materiales requeridos en el proceso. A partir de lo anterior se propusieron parámetros de gestión de materiales tales como el MRP (Planeación de materiales de producción) en los cuales se

trazaban la necesidad de controlar recursos con base a dos criterios: el primero vinculado a la demanda o necesidad del mercado y el segundo a la capacidad de la empresa al momento de adquirir materiales en el menor tiempo posible.

El modelo MRP en la actualidad se implementa con mayor regularidad en las pequeñas y medianas empresas debido a que este no requiere de mucha inversión o conocimientos avanzados de herramientas tecnológicas. Vale la pena aclarar que este método de gestionar materiales se debe a otros formatos de gestión previos, tales como los pronósticos de ventas, planes maestros y agregados de producción; estos últimos indispensables en cualquier empresa independientemente de su tamaño.

Un plan agregado de producción, PAP, es un recurso clave dentro de la administración de todos los elementos de la compañía. En este formato se diseñan estrategias de producción teniendo en cuenta tres aspectos fundamentales: los costos de operar, la demanda a suplir y la capacidad disponible. Ahora bien, en cada uno de los factores mencionados previamente se plantean diversas metodologías para su cálculo y proyección numérica a lo largo tiempo. Este modelo de planeación toma validez cuando se implementa en periodos menores a los seis meses, puesto que prolongar tiempos mayores disminuye la validez de las decisiones establecidas en él.

Con el objetivo de ilustrar la anterior afirmación supóngase que una empresa dedicada a la venta y fabricación de calzado desea gestionar sus recursos de forma organizada a modo de reducir los costos operativos, para esto la compañía dispone de la demanda real de los últimos doce meses y la disponibilidad horaria de los equipos requeridos para ejecutar el proceso. Si bien el análisis histórico de la demanda permitiría a la compañía poder realizar pronósticos o proyecciones de las ventas, la determinación de la capacidad real del proceso la establecería el ritmo de producción y las unidades a producir por día.

Particularmente, el caso de los pronósticos no representa un 100% de certeza respecto a los valores obtenidos, dado que en este caso y otros más la demanda es una variable endógena que puede verse afectada por

decisiones externas a la compañía (aumento costos, decisiones políticas, carencia de insumos, etc), lo que permite que existan sobrepedidos o rechazo de productos.

Esta limitación planteada anteriormente requirió del uso de modelos de proyección más eficientes y sistemas continuos de operación, ya que la necesidad real de los procesos va más allá del análisis discreto de las variables que se presentan en ellos.

Cada decisión tomada a nivel productivo no solo debe contemplar los cambios al interior de la empresa sino la probabilidad de incurrancia de un evento externo que pueda afectar las condiciones planeadas en el área de producción; en respuesta a esto se diseñó el nuevo modelo ERP (Planificación de recursos de una empresa). Su principal característica es el alto nivel tecnológico que implementa y el intercambio permanente de información de las compañías en modo online. Esta metodología contempla todas las áreas de la cadena de valor; su uso no solo está limitado a las industrias sino que los proveedores también hacen parte de él. Esto garantiza que la empresa cuente con una idea real de su capacidad al momento de suplir la necesidad del cliente o consumidor final.

2.2 Administración Y Pronósticos De La Demanda.

La demanda como elemento influyente de un sistema productivo puede ser definida como aquella variable de tipo externa, que determina la necesidad real del proceso y marca la tendencia de producción a lo largo del tiempo. El nivel del control de la demanda radica en la forma en que se determinan las necesidades del cliente y las futuras variaciones del mercado según sean las tendencias económicas del momento.

Esta variable se presenta de dos formas: indirecta y directa. La primera menciona la necesidad generada por un requerimiento previo; esto significa que si una empresa que fabrica carros desea producir cien vehículos, necesitara paralelamente de cuatrocientos neumáticos para ensamblar los ejes y direcciones de los carros; de este mismo modo los cuatrocientos neumáticos requerirán de cuatrocientos rines para poder ser instalados. Esta tipología de la demanda solo requiere de una planificación y el uso de proyecciones no es requerido.

La segunda, la demanda directa, se debe netamente a la necesidad real de un sector del mercado, como lo es el caso de los cien automóviles; su correcto manejo requiere de análisis de comportamiento estadístico de las ventas y pronósticos de estas.

Un pronóstico es la estimación numérica de las ventas o requerimientos del área de producción basado en datos históricos y comportamientos del mercado. Comúnmente el concepto suele ser confundido con una predicción, sin embargo, existe una diferencia en el componente ontológico de cada termino; esto quiere decir que el pronóstico vincula todos aquellos aspectos cuantitativos del sistema productivo, mientras que en la predicción se relacionan todas las cualidades que influyen al momento de fabricar y transformar un insumo.

Finalmente, cada uno de estos dos elementos de la administración de recursos empresariales, dispone de modelos de análisis e interpretación individuales, tal y como lo proponen Chase y Jacobs (2013) en su libro *Administracion de operaciones: Produccion y cadena de suministros*. Estos autores detallan que la aplicación de pronosticos al interior del sistema de gestión se debe al uso de elementos técnicos cuantitativos y cualitativos, tal y como se muestra a continuación.

22.1 Técnicas Cuantitativas De Pronósticos.

Las técnicas numéricas o “cuantitativas” de pronósticos son todas aquellas herramientas estadísticas que describen o demuestran el comportamiento real de los valores numéricos de la demanda y las ventas, así mismo, establecen la relación procedimental de los datos según sea su cantidad y disposición al momento de ser recolectados. Estas técnicas se clasifican de la siguiente forma:

Análisis De Series De Tiempo

Son modelos estadísticos que relacionan los datos de la demanda respecto a su comportamiento en el tiempo. Estos, principalmente, son de dos tipos: móviles simples y móviles ponderados; se emplean en la estimación de un periodo n a partir de un conjunto de valores no mayor a seis periodos.

Es decir, si el profesional de operación cuenta con datos de la demanda de seis meses, podrá emplear cualquiera de estos modelos en la estimación del pronóstico del séptimo mes. Sin embargo, prolongar este cálculo con base a los mismos pronósticos le quita cierto grado de validez al modelo, por ende, la planeación no contará con datos 100% verídicos.

El promedio móvil simple, PMS, emplea una relación numérica equilibrada, en la que el pronóstico no es más que la media de los seis datos previamente descritos. Este modelo contempla cierto grado de nerviosismo con respecto a cambios históricos de la demanda. El modelo puede ser calculado mediante la siguiente expresión matemática, la cual es adaptada y modificada según los intereses del presente texto:

Ecuación 1. Cálculo Del Pronóstico A Partir Del Promedio Simple

$$\text{Pronóstico demanda del mes } 4 = \frac{\Sigma \text{Demanda } i \text{ meses}}{\text{cantidad de meses analizados}}$$

Fuente: Chase y Jacobs, F (2013)

Para el caso del promedio ponderado PMP, la relación numérica se rige con base a los grados de importancia de los datos, los cuales mantienen una suma proporcional menor o igual a 1; en otras palabras, el profesional o encargado del área de producción determina la importancia del dato respecto a la necesidad del proceso. Por ejemplo, a criterio de un ingeniero industrial, el dato final (mes tres) tendrá más peso porcentual que el dato número uno (mes uno) por la sencilla razón de que es el más actualizado, según los informes de las ventas realizadas. Este dato final deberá contar con un porcentaje de estimación en el cálculo mayor al uno, tal y como se presenta a continuación.

En la estimación de una proyección del mes cuatro, el mes tres será tomado en cuenta como el 60% del valor numérico del pronóstico a calcular (mes cuatro), mientras que el mes uno será analizado con relación a un peso porcentual del 15%, siendo la diferencia de estos dos el valor asignado para el mes o dato número dos (25%). Esta afirmación se resume en la siguiente ecuación de cálculo, la cual permite conocer pronósticos por el modelo ponderado.

Ecuación 2. Cálculo Del Pronóstico A Partir Del Promedio Ponderado

$$\text{Pronóstico demanda del mes 4} = a_1 * \text{Demanda Mes 1} + a_2 * \text{Demanda Mes 2} + a_3 * \text{Demanda Mes 3}$$

Fuente: Chase y Jacobs (2013)

En la ecuación número dos se visualiza cómo para el caso de estimación del pronóstico del mes cuatro se emplea el uso de valores de a_1 ; a_2 ; a_3 , que en este caso corresponden a la asignación porcentual que se asigne a cada dato según sea el grado de ocurrencia o importancia. En el caso del ejemplo planteado anteriormente estos tendrían los siguientes valores: $a_1=15\%$, $a_2=25\%$ y $a_3=60\%$.

Ejemplo De Aplicación De Los Modelos De Análisis De Series. Una importante empresa arrocerera del departamento ha venido registrando una sobreproducción debido a errores cometidos en sus pronósticos. Los siguientes datos representan la demanda en unidades de las ultimas 3 semanas:

Tabla 1. Datos Del Ejemplo De Aplicación De Los Modelos De Análisis De Series

Día	Demanda 2 semana	1 semana Demanda	Demanda 3 semana
1	2200	2400	2300
2	2000	2100	2200
3	2300	2400	2300
4	1800	1900	1800
5	1900	1800	2100

Fuente: elaboración propia

Preguntas:

- a. Haga un pronóstico móvil simple diario para la semana presente.
- b. Realice un promedio móvil ponderado por día con los siguientes porcentajes: 50, 30 y 20 para cada una de las 3 semanas anteriormente planteadas.

En este caso el ejercicio propone la solución o estimación de los pronósticos de la próxima semana según sean los datos diarios aportados. Para esto se deben emplear las ecuaciones 1 y 2 en la solución de cada interrogante planteado.

Solución Inciso a. Para el cálculo de este inciso se debe asumir las tres semanas como base de cálculo. A pesar de que el modelo establece un mínimo de seis, para su cálculo se debe emplear la ecuación número 1, la cual se detalló anteriormente.

$$\text{PMS semana 4 día 1} = \frac{2200+2400+2300}{3} = 2300 \text{ unidades}$$

$$\text{PMS semana 4 día 2} = \frac{2000+2100+2200}{3} = 2100 \text{ unidades}$$

$$\text{PMS semana 4 día 3} = \frac{2300+2400+2300}{3} = 2333 \text{ unidades}$$

$$\text{PMS semana 4 día 4} = \frac{1800+1900+1800}{3} = 1833 \text{ unidades}$$

$$\text{PMS semana 4 día 5} = \frac{1900+1800+2100}{3} = 1933 \text{ unidades}$$

Solución Inciso b. Para el cálculo de este inciso se debe emplear la ecuación número 2 que se detalló anteriormente.

$$\text{PMP semana 4 día 1} = 2200(0,50)+2400(0,30)+2300(0,20)$$

$$\text{PMP semana 4 día 1} = 2280 \text{ unidades}$$

$$\text{PMP semana 4 día 2} = 2000(0,50)+2100(0,30)+2200(0,20)$$

$$\text{PMP semana 4 día 2} = 2070 \text{ unidades}$$

$$\text{PMP semana 4 día 3} = 2200(0,50) + 2400(0,30) + 2300(0,20)$$

$$\text{PMP semana 4 día 3} = 2333 \text{ unidades}$$

$$\text{PMP semana 4 día 4} = 1800(0,50) + 1900(0,30) + 1800(0,20)$$

$$\text{PMP semana 4 día 4} = 1830 \text{ unidades}$$

$$\text{PMP semana 4 día 4} = 1900(0,50) + 1800(0,30) + 2100(0,20)$$

$$\text{PMP semana 4 día 4} = 1910 \text{ unidades}$$

Aplicados los modelos se lograron obtener los valores requeridos para los pronósticos diarios de la semana cuatro. Como bien se logró visualizar, la diferencia entre los resultados de los dos métodos es mínima, tal y como se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2. Margen De Error En Promedios Móviles Simples Y Ponderados

Día	Pronóstico Móvil Simple Calculado	Pronóstico Móvil Ponderado Calculado	% Error
1	2300	2280	0,87%
2	2100	2070	1,43%
3	2333	2330	0,14%
4	1833	1830	0,18%
5	1933	1910	1,21%

En la tabla 2 se logra visualizar cómo una vez aplicados los modelos de ponderación, el porcentaje de error más elevado que se obtuvo fue en el día 2 con un 1,43% respecto al valor calculado en el anterior modelo, los demás datos se encuentran por debajo del 2%.

Pronósticos Por Regresión Lineal

Estos modelos generalmente son usados cuando el histórico de datos es superior a cuatro periodos. Los datos se agrupan y modelan a partir de la ecuación de la recta (ver ecuación 3), en la que existen puntos de cortes y una línea de tendencia que asciende o desciende según sea la naturaleza de los valores a pronosticar.

La ecuación de la recta está dada por la siguiente fórmula, donde a (es la intersección de la línea respecto al eje y).

b (es la división entre máximos y mínimos del eje x junto al y)

Y (variable dependiente, en este caso será el pronóstico para calcular)

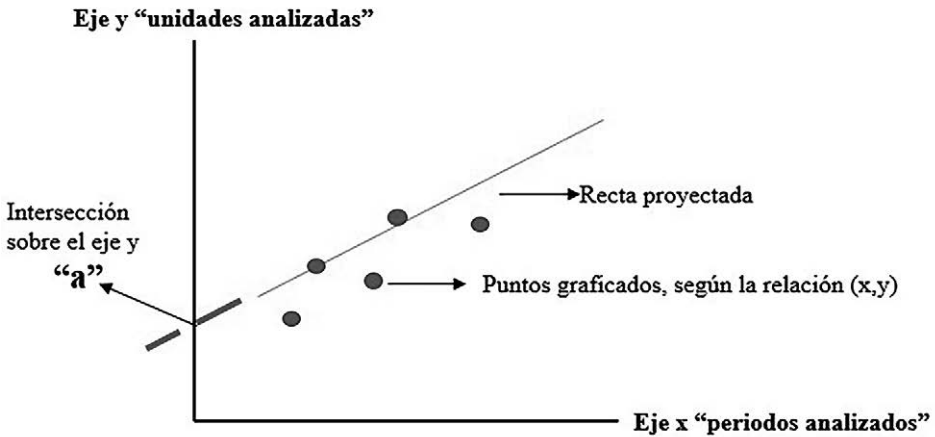
Ecuación 3. Razón Matemática De Regresión Lineal

$$Y = a + bX$$

Fuente: Chase y Jacobs (2013)

A continuación, se plantea una representación abstracta de estas variables en una serie de datos:

Figura 4. Componentes Ecuación De La Recta



Fuente: elaboración propia

Ejemplo Práctico Regresión Lineal. Una prestigiosa panadería de la ciudad de Cúcuta presenta las siguientes demandas en el último año (ver tabla 3): el gerente desea realizar una predicción de las demandas futuras mediante el método de regresión lineal, para ello pide la colaboración de un ingeniero industrial, el cual realiza el siguiente procedimiento:

Tabla 3. Datos Del Ejemplo Práctico Regresión Lineal

Mes	Demanda (Unidad De Pan)	Mes	Demanda (Unidad De Pan)
1	3218	13	2697
2	3761	14	2431
3	5097	15	5394
4	4942	16	3700
5	5719	17	6320
6	2022	18	4423
7	1624	19	1992
8	5140	20	1391
9	3075	21	5887
10	5721	22	5856
11	761	23	6350
12	6257	24	3220

Fuente: elaboración propia

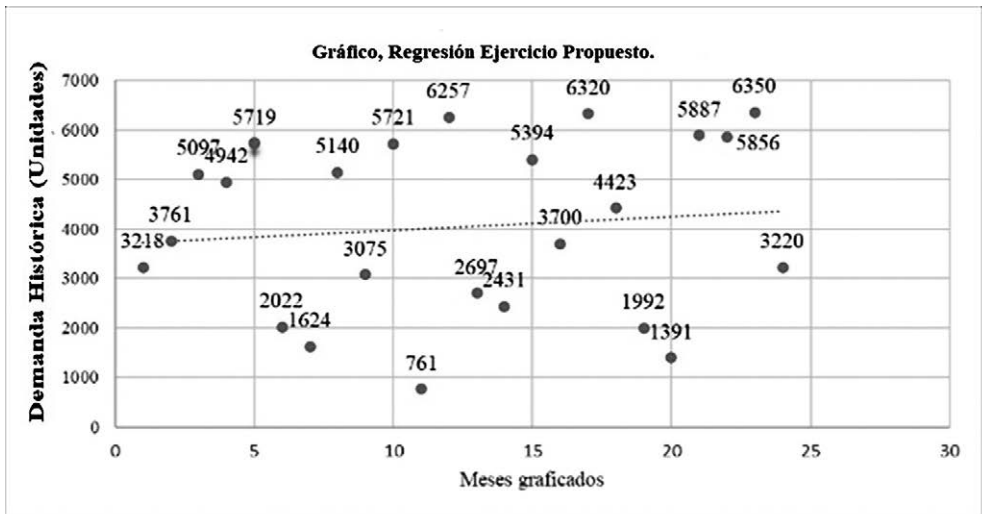
Un aspecto muy importante a tener en cuenta al momento de resolver este tipo de pronósticos es agrupar todos los valores de forma cuantitativa, debido a que en la gran mayoría de empresas e informes existen algunos valores que son representados de forma cualitativa; este es el caso de los meses, que son identificados por su nombre (enero, febrero, marzo, etc), lo cual no es recomendable al momento de emplear el método. A cada mes se le asigna un valor o representación numérica, por ejemplo, enero=1, febrero=2 y así sucesivamente con cada mes analizado. Si los meses analizados pasan de 12 (1 año), el siguiente dato tomará un valor de representación de 13 y así sucesivamente, según sea la necesidad del ejercicio.

Una vez aclarado lo anterior, la sugerencia procedimental para emplear este tipo de modelo es la siguiente.

1. Realizar gráfica de dispersión con los datos ofrecidos por el problema.
2. Trazar una línea de extrapolación respecto al eje y.
3. Calcular la pendiente y punto de intersección.
4. Establecer el valor del pronóstico mediante la ecuación de la recta.

Contemplados todos estos pasos, los resultados obtenidos para el ejercicio propuesto se muestran a continuación:

Figura 5. Demanda Vs Periodos Analizados



Fuente: elaboración propia

Posterior a realizado el gráfico, se traza una línea de extrapolación y se procede a calcular las demás variables, mediante el uso de la ecuación de la recta.

$$\text{Pendiente}(b) = \frac{\text{Valor máximo demanda} - \text{valor mínimo demanda}}{\text{último periodo analizado} - \text{primer periodo analizado}}$$

Reemplazando datos se obtiene.

$$Pendiente(b) = \frac{6350-761}{3} = 243 \text{ unidades/periodo}$$

Para el cálculo de a es importante realizar el corte sobre el eje y; este caso mediante una observación de la proyección de la línea se logra estimar un valor de corte igual a 3600. Por lo tanto, si se tiene en cuenta que el periodo a pronosticar x es el mes 25, el resultado obtenido es:

$$\text{Pronóstico mes (25)} = 3600 + 243(25) = 9675 \text{ unidades/periodo}$$

Ahora bien, en el caso de que se requiera calcular varios periodos con este modelo de regresiones, se deberá emplear la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Modelo De Regresiones Para El Ejercicio Propuesto

$$Y = 3600 + 243X.$$

(Ecuación para hallar demanda en cualquier periodo X)

Fuente: elaboración propia

Método Algebraico

Este modelo numérico algebraico generalmente se emplea para el pronóstico de grandes volúmenes de información, en los cuales la variación incremental de los valores numéricos de los datos es mínima.

Este modelo parte de la ecuación de la recta y agrega una relación producto entre la variable dependiente (y) y la independiente (x). Las fórmulas de cálculo para este modelo se muestran a continuación:

Ecuación 5. Fórmula Uno Método Algebraico

$$\sum y = b \sum X + nc$$

Fuente: Chase y Jacobs (2013)

Ecuación 6. Fórmula Dos Métodos Algebraicos

$$\sum xy = b \sum x^2 + C \sum x$$

Fuente: Chase & Jacobs (2013)

A modo de afianzar e introducir la conceptualización de estas fórmulas, se propone el siguiente ejercicio práctico:

Ejercicio Introdutorio Método Algebraico. Teniendo en cuenta los siguientes datos sobre la demanda anual en toneladas de cierto producto, encontrar la demanda para el siguiente año.

Tabla 4. Datos Del Ejercicio Introdutorio Método Algebraico

X	Años	Demanda Post (Toneladas)	xy	X ²
1	2014	100	100	1
2	2015	120	240	4
3	2016	130	390	9
Total= 6		350	730	14

Fuente: Chase & Jacobs (2013)

Solución. En primer lugar, se deben plantear las ecuaciones del modelo según los datos del ejercicio.

Ecuación 1. $350 = 6b + 3c$

Ecuación 1. $730 = 14b + 6c$

Paso seguido se procede a despejar b, haciendo uso de los sistemas de ecuaciones algebraicos, tal y como se presenta a continuación:

Tabla 5. Ecuaciones Modificadas Ejercicio Introdutorio Método Algebraico

Ecuación 1 Modificada	Ecuación 2 Modificada
$350 = 6b + 3c (-2)$	$730 = 14b + 6c$
$-700 = -12b - 6c$	$730 = 14b + 6c$

Igualando las ecuaciones modificadas se simplifica el término a la siguiente expresión: $30 = 2b$, de la cual se despeja b y se obtiene un valor de 15. Este valor es reemplazado en la ecuación 1 del ejercicio para poder estimar el valor numérico de c , tal y como se muestra a continuación.

$350 = 6(15) + 3c$, despejando c se obtiene que esta tiene un valor de 86,66, el cual se reemplaza sobre la ecuación general de la recta para así poder obtener la relación matemática del cálculo de pronóstico a lo largo del tiempo. En donde x será el año que se requiera pronosticar (4, 5, 6, 7, etc).

Ecuación 7. Fórmula Método Algebraico Propuesto

$$Y = 15x + 86,66$$

Fuente: elaboración propia

Pronósticos Mediante Series De Tiempo Estacional

Este modelo consiste en identificar y separar los componentes básicos de la demanda a lo largo de la serie de datos temporales, los cuales tiene un grado de tendencia estacional. Este modelo es recomendado para el pronostico de series de tiempo superiores a un año. Es importante mencionar que para que este modelo tenga validez, la tendencia o variacion de los datos debe ser cero o muy mínima.

Las fórmulas empleadas en este modelo se presentan a continuación:

Ecuación 8. Cálculo Factor (C) Modelo Series De Tiempo

$$\text{Factor}(C) = \frac{\text{demanda mes } i (A)}{\sum \text{demanda meses } i (B)}$$

Fuente: Chase y Jacobs (2013)

Ecuación 9. Cálculo Pronóstico Deseado (D) Modelo Series De Tiempo

$$\text{Pronóstico deseado}(D) = \text{demanda mes } i (A) * \text{Factor } C$$

Fuente: Chase y Jacobs (2013)

Una vez establecidas las fórmulas, se propone un ejercicio introductorio propuesto por Chase y Jacobs (2013), en el cual se emplean todos los aspectos importantes de este modelo.

Ejercicio Propuesto. El grupo Quintex , muy reconocido a nivel departamental por ofrecer jeans de alta calidad, vende un promedio anual de 1000 unidades de jeans. La gerente de la empresa ofrece un informe detallado de estas ventas:

200 unidades primavera

350 unidades verano

300 unidades en otoño

150 en invierno.

Pregunta. Determinar el pronóstico para cada una de las estaciones del siguiente año.

Solución. Este modelo debido a su sencillez, puede ser resuelto en la herramienta ofimática Microsoft Excel, para esto se debe crear una tabla de operación y establecer las siguientes formulas:

En el caso de B (promedio), la formula empleada es PROMEDIO(\$B\$2:\$B\$5); mientras que en el caso de C (factor) será B2/C2 en el caso del primer dato, después va incrementando según los datos calculados. Aplicados estos cambios los resultados obtenidos son.

Figura 6. Resultados Pronósticos Método Series De Tiempo

Estación	Demanda (A)	Promedio	Factor	Pronóstico deseado
Primavera	200	250	0,8	160
Verano	350	250	1,4	490
Otoño	300	250	1,2	360
Invierno	150	250	0,6	90

Fuente: elaboración propia

Este método numérico realiza el cálculo de pronósticos a partir del coeficiente de comportamiento de los datos. Pérez (2011) resalta de este método que la importancia de los datos disminuye a medida que estos se alejan del pasado.

Así mismo, este autor detalla que el método exponencial se encuentra integrado en casi todos los programas de pronóstico por computadora, y se usa con mucha frecuencia al ordenar el inventario en las empresas minoristas, las compañías mayoristas y las agencias de servicios.

“En el método de suavización exponencial solo se necesitan tres piezas de datos para pronosticar el futuro: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el periodo de pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α). Esta constante de suavización determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción a las diferencias entre los pronósticos y las ocurrencias reales” (Chase y Jacobs, 2013)

Krajewsky et al. (2014) proponen el siguiente ejemplo práctico para afianzar las bases matemáticas del modelo:

Modelo propuesto método suavización exponencial. Supóngase que una compañía fabrica un producto textil, el cual se produce con relación a una demanda sin variaciones. La diferencia porcentual entre las estimaciones realizadas entre la demanda real y la potencial solo ascienden a los 5 o 10 puntos porcentuales; sin embargo, si la empresa experimentará un crecimiento, sería mejor tener un índice de reacción más alto, quizá de 15 o 30 puntos porcentuales para dar mayor importancia a la experiencia de crecimiento reciente.

En este caso, α se calcula como $2 \div (n + 1)$, donde n es el número de periodos. La ecuación general del modelo de suavización exponencial:

Ecuación 10. Fórmula Modelo Suavización Exponencial

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

Fuente: Krajewsky et al. (2014)

Donde F_t es el pronóstico para calcular para el periodo t , F_{t-1} el pronóstico netamente anterior, A_{t-1} la demanda real para el periodo anterior y α corresponde a indicador deseado del cálculo.

Ejercicio Básico Método Suavización Exponencial. La papelería “Lápiz y papel”, ubicada en las afueras de la UFPS, desea realizar un pronóstico de sus ventas; es por esto que decide contratar a un ingeniero industrial de la UFPS. El profesional mediante un instrumento de recolección de la información logra determinar lo siguiente:

La demanda a largo plazo es estable y el pronóstico del mes pasado (F_{t-1}) fue de 1050 unidades; es por esto que el ingeniero decide manejar una constante de suavización (α) de 0.05, porque desde su apreciación, la variación entre las demandas es baja. Si la demanda real fue de 1000 en lugar de 1050, el pronóstico para el próximo mes sería:

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 1\,050 + 0.05 (1\,000 - 1\,050) \\ &= 1\,050 + 0.05 (-50) \\ &= 1048 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Método Holt Winter Con Parámetros Óptimos

Es un modelo estadístico implementado para realizar pronósticos a partir de series temporales de datos que generalmente son demanda vs meses. Ramón (2017) afirma que el modelo opera bajo la lógica de un algoritmo iterativo que a cada tiempo (mes o semana) realiza un pronóstico sobre el comportamiento de la serie con relación a promedios debidamente ponderados de los datos anteriores. Este mismo autor detalla las siguientes fórmulas de cálculo del método:

Ecuación 11. Método Multiplicado Modelo Winter

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{s_{t-1}} + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

Fuente: MINITAB (2018)

Ecuación 12. Método Multiplicado Modelo Winter 2

$$T_t = \beta [A_t - A_{(t-1)}] + (1 - \beta) T_{(t-1)}$$

Fuente: MINITAB (2018)

Ecuación 13. Método Multiplicado Modelo Winter 3

$$S_t = \gamma Y_t / A_t + (1 - \gamma) S_{(t-L)}$$

Fuente: MINITAB (2018)

Ecuación 14. Método Multiplicado Modelo Winter 4

$$S_{(t+p)} = (A_{t+p} T_t) S_{(t-L+p)}$$

Fuente: MINITAB (2018)

Cada una de las variables detalladas en las anteriores ecuaciones corresponden a las siguientes definiciones:

α : constante de atenuación del promedio de los datos, generalmente su valor número se encuentra en un rango de cero a uno ($0 < \alpha < 1$).

β : constante de atenuación de la estimación de tendencia, generalmente su valor número se encuentra en un rango de cero a uno ($0 < \beta < 1$).

γ : constante de atenuación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$).

A_t : valor atenuado en el periodo t

T_t : estimación de la tendencia del periodo t

S_t : estimación de la estacionalidad del periodo t

L: longitud de la estacionalidad

p: número de periodos a pronosticar en el futuro

Antes de avanzar en la implementación del modelo es importante mencionar que en el caso de las constantes de atenuación, la sumatoria de los valores numéricos de estas debe ser igual a uno, es decir ($\gamma + \beta + \alpha = 1$).

A modo de afianzar y emplear el modelo de Winter se propone el siguiente ejercicio ilustrativo, el cual es resuelto y editado mediante el uso de la herramienta ofimática Microsoft Excel:

Ejemplo Propuesto. Una empresa de calzado colombiana ha decidido establecer políticas de producción mediante un modelo *push* (empujar), es decir, fabricar calzado en base a pronósticos o tendencias del mercado previamente analizadas. Para esto la compañía ha decidido recopilar las ventas de los últimos veinte seis meses, trazando como objetivo principal la proyección en ventas de un semestre (seis meses). Los datos obtenidos se presentan a continuación:

Destáquese que los valores de α ; β ; γ son determinados en base a la naturaleza de los datos obtenidos en las últimas ventas.

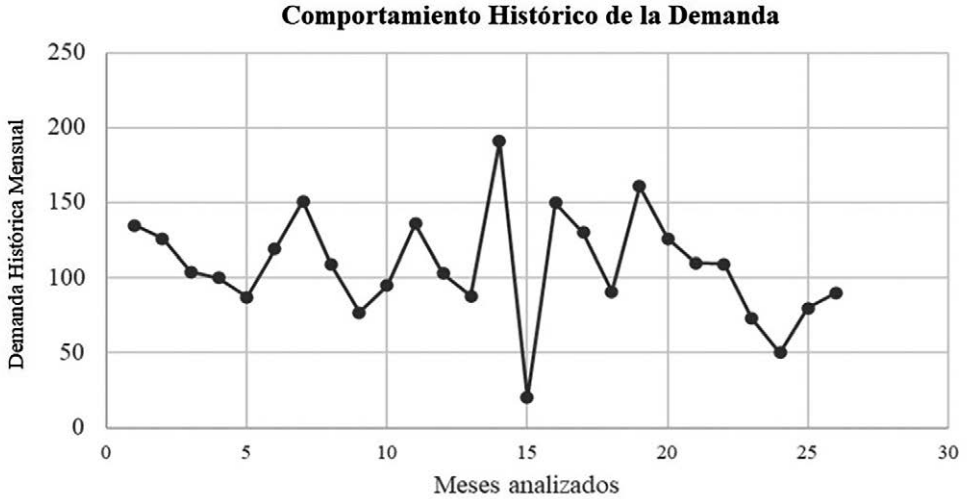
Tabla 6. Datos De Ejercicio Introductorio Método Algebraico

Mes Analizado	Periodo Analizado t	Demanda Registrada YT
Enero	1	135
Febrero	2	126
Marzo	3	94
Abril	4	24
Mayo	5	17
Junio	6	119
Julio	7	151
Agosto	8	109
Septiembre	9	77

Mes Analizado	Periodo Analizado t	Demanda Registrada YT
Octubre	10	95
Noviembre	11	136
Diciembre	12	103
Enero	13	88
Febrero	14	191
Marzo	15	1
Abril	16	150
Mayo	17	130
Junio	18	11
Julio	19	161
Agosto	20	126
Septiembre	21	0
Octubre	22	109
Noviembre	23	73
Diciembre	24	50
Enero	25	10
Febrero	26	15

El primer paso para poder emplear el modelo Winter cuando se desea pronosticar la demanda es realizar una gráfica de tendencia de los datos obtenidos como base de análisis. Esta representación abstracta puede ser realizada mediante los gráficos de dispersión integrados en Microsoft Excel. La gráfica obtenida se presenta a continuación:

Figura 7. Gráfica De Tendencia Demanda. Ejercicio Propuesto Para El Método Winter



Fuente: elaboración propia

En la figura 7 se logra apreciar que el caso de las fluctuaciones de la demanda a lo largo de los veintiséis meses es cambiante y no representa un patrón fijo de comportamiento, debido a esto es necesario segmentar esta gráfica por periodos e interpretar el comportamiento de la demanda en cada intervalo seleccionado. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 7. Análisis Por Intervalos Demanda Propuesta

Número Intervalo	Periodos Analizados	Descripción	Tendencia
1	Enero, febrero, marzo, abril, mayo.	En este periodo la demanda inicia con un valor de 135 unidades, sin embargo, a medida que transcurre el tiempo esta va presentando una tendencia diminutiva, hasta que en el mes de mayo su valor es de 85 unidades.	Disminuir

Número Intervalo	Periodos Analizados	Descripción	Tendencia
2	Junio, julio, agosto, septiembre, octubre.	A partir del mes cinco el comportamiento de la demanda por los próximos dos meses (hasta julio) es ir en aumento, lo que demuestra un valor pico de 151 unidades. Posterior a esto la demanda tiene una recesión de dos periodos (agosto y septiembre), hasta que en el mes de octubre vuelve y aumenta.	Variable
3	Noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo	Para el mes de noviembre la demanda mantiene un comportamiento favorable, sin embargo, en los próximos dos meses desciende.	Variable
4	Mayo, junio, julio, agosto, septiembre	En este intervalo se presenta el mismo comportamiento variable del intervalo anterior, la demanda aumenta durante un mes y posterior a esto presenta una recesión de dos meses, hasta que vuelve a aumentar.	Variable

Infiriendo la información detallada en la tabla 7, se puede identificar que para el caso del estudio propuesto, la demanda no mantiene una tendencia ni de aumento ni disminución. Sin embargo, es notorio cómo desde el segundo intervalo analizado, esta mantiene un comportamiento de aumento durante un mes y recesión por los próximos dos periodos. En este caso la longitud estacional de los periodos tiende a ser dos, puesto que es la cantidad de meses en los cuales se presenta reducción en la demanda, hasta que por último esta aumenta.

En estos casos en los cuales la demanda es variable y existen tantas fluctuaciones, el método Winter toma gran importancia debido a la facilidad que tiene de adaptarse y modelar este conjunto de datos.

Una vez definida la longitud de los periodos, se procede a definir los valores de cada una de las constantes del método, en este caso los valores seleccionados se muestran a continuación:

Tabla 8. Valores Método Winter

ítem	Valor
L	4
α	0,54
β	0,29
Γ	0,16

Fuente: elaboración propia

Una vez definidos los parámetros, el siguiente paso es formular las celdas en Excel a modo de obtener los valores correspondientes de las variables del método. A continuación, se presenta la formula individual de cada casilla dentro de la hoja de cálculo de Excel.

Como L es igual a dos, es necesario insertar otra fila que represente ese periodo menos de la longitud determinada. En este caso como $L-1=1$, el periodo insertado será cero; no es uno porque el mes uno dentro del modelo es el de enero. Lo anterior se evidencia en la figura 8.

Figura 8. Representación Modelo Winter Excel

Meses analizados	Periodo analizado t	Demanda Registrada YT	At	Tt	St
	0				1
Enero	1	135			
Febrero	2	126			

Fuente: elaboración propia

En la anterior ilustración se logra apreciar como el modelo Winter en este ejercicio inicia el análisis desde el periodo cero, el cual corresponde al penúltimo periodo antes de iniciar el modelo, es decir, mes inicio $(1)-1=0$. En cuanto al valor de St, autores como Krajewski et al. (2014), definen que la estimación de estacionalidad al inicio del modelo debe ser igual

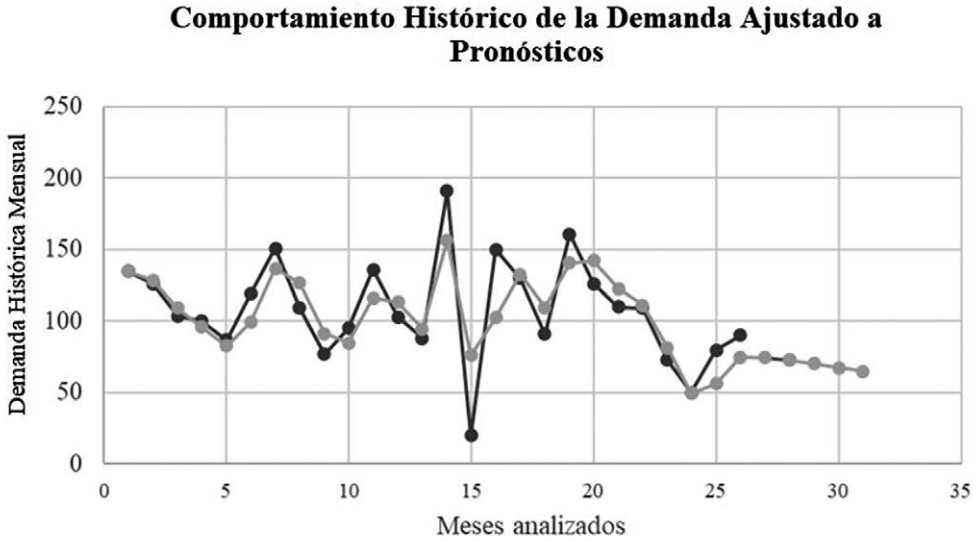
a uno o iniciar desde ese valor. Mencionado lo anterior, los pronósticos obtenidos se agrupan en la figura 9:

Figura 9. Pronósticos Obtenidos Método Winter

Mes analizados	Periodo analizado t	Demanda Registrada YT	At	Tt	St	Yt'	Error	Constantes	
								L	2
	0				1			L	2
Enero	1	135	135	0,00	1,00			α	0,54
Febrero	2	126	130	-1,43	0,99	135	9	β	0,29
Marzo	3	104	115	-5,35	0,98	129	24,7	γ	0,16
Abri	4	100	105	-6,84	0,98	109	9,4		
Mayo	5	87	93	-8,30	0,97	96	9,0		
Junio	6	119	105	-2,38	1,00	83	36,4		
Julio	7	151	132	6,09	1,02	99	51,6		
Agosto	8	109	122	1,62	1,00	137	28,0		
Septiembre	9	77	98	-6,09	0,96	127	49,5		
Octubre	10	95	93	-5,53	0,97	91	3,5		
Noviembre	11	136	117	2,90	1,01	85	51,2		
Diciembre	12	103	112	0,71	0,99	116	13,4		
Enero	13	88	99	-3,30	0,97	113	25,4		
Febrero	14	191	148	12,09	1,03	95	96,1		
Marzo	15	20	85	-10,14	0,90	156	136,3		
Abril	16	150	113	1,28	0,97	76	73,7		
Mayo	17	130	131	6,12	0,97	103	27,3		
Junio	18	91	114	0,73	0,94	133	41,7		
Julio	19	161	142	7,65	0,97	110	51,2		
Agosto	20	126	141	5,15	0,96	141	14,8		
Septiembre	21	110	128	-0,11	0,94	142	32,3		
Octubre	22	109	120	-2,42	0,94	123	14,0		
Noviembre	23	73	96	-8,83	0,91	111	38,1		
Diciembre	24	50	69	-14,17	0,88	82	31,6		
Enero	25	80	73	-8,85	0,92	50	30,4		
Febrero	26	90	85	-2,73	0,94	56	33,9		
Marzo	27	90	91	-0,15	0,95	75	14,9		
Abril	28	90	93	0,66	0,95	75	15,5		
Mayo	29	90	95	0,79	0,95	73	17,4		
Junio	30	90	95	0,68	0,95	70	19,8		
Julio	31	90	95	0,52	0,95	68	22,4		
Agosto	32	90	95	0,37	0,95	65	25,1		
			DAM				33,8		

Calculados los pronósticos de los próximos meses, se logró determinar que dentro de estos existe un margen de error elevado. Si bien el modelo se ajusta en su gran mayoría al histórico de datos, no es el más óptimo porque aún se presentan errores mayores al 10%, gráficamente. Estos ajustes se comportan de la siguiente forma

Figura 10. Pronósticos Vs Histórico De Datos Método Winter



Fuente: elaboración propia

En la anterior figura se logra ver cómo la serie de puntos del pronóstico (línea gris) se ajusta en algunos datos históricos de problema. Sin embargo, no están totalmente ajustados, por tanto, es recomendable ajustar los valores de las constantes para que así se pueda disminuir el error entre los datos pronosticados y la demanda real.

2.3 Sistema De Inventarios.

Los inventarios son aquellas acumulaciones de materia prima, provisiones, repuestos y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo de la cadena de producción. En complemento, Mauleon (2014) destaca que el inventario es uno de los activos más caros que tiene la empresa porque representa el 40 % del capital total invertido. Seguidamente este autor aclara que el stock no es un fin en sí mismo, es un medio para dar un buen servicio al cliente.

Dentro de los sistemas de control de inventarios y existencias, continuamente se ha debatido respecto a las técnicas y formas con las que

se regulan las etapas de abastecimiento y almacenamiento de materias primas. De lo anterior se ha llegado a generalizar la idea operativa referente a la reducción de inventarios en la minimización del costo operativo total del sistema productivo, en contraste, las diversas teorías detallan que no son los inventarios los que generan pérdidas al interior de la organización, sino los malos sistemas de gestión.

2.3.1 Funciones Del Inventario.

Se destacan como principales funciones del inventario las siguientes:

- Clasificar por áreas al sistema productivo.
- Proporcionar una variedad de herramientas o mercancías, con la ventaja de que estas pueden ser elegidas según se presenten las necesidades al interior del sistema productivo.
- Proponer políticas de descuento en las ventas de cierta cantidad de insumos.
- Brindar seguridad a los intereses económicos de la compañía ante aspectos externos de la misma, como la inflación y aumento de los costos de materiales.

2.3.2 Tipos De Inventario.

Cada uno de los distintos elementos que poseen la capacidad de generar inventarios tienen características propias según sea la importancia que representen al interior del sistema productivo. Teniendo en cuenta este argumento, Pérez (2011) detalla la siguiente clasificación de estas sobre existencias:

Inventarios De Materia Prima

Son aquellos en los que los insumos no han sido procesados y se encuentran almacenados a esperas de ser introducidos en el proceso de transformación.

Inventarios De Productos En Curso

Incluyen las materias primas que han sufrido alguna transformación, pero todavía no están terminadas.

Inventarios De MRO

Son aquellos en los cuales se involucran los mantenimientos, reparaciones y operaciones necesarias para mantener la maquinaria.

Inventario De Productos Terminados

Son los productos finales que esperan a ser entregados a los consumidores.

Inventario De Productos No Conforme

Son aquellos insumos que han sufrido alguna transformación y que por alguna percepción negativa del consumidor, son devueltos a la empresa por concepto de garantía.

Si bien la realidad de los inventarios se fundamenta en recursos materiales, en las empresas de servicios la sobreoferta de planes de consumo también genera un inventario que si bien no es tangible, sí presenta unos costos de mantenimiento y no uso.

2.3.3 Gestión De Inventarios.

La gestión de inventarios está relacionada directamente a la implementación de modelos de control que se agrupan en diferentes relaciones matemáticas y estadísticas para la interpretación del comportamiento de los datos. Algunos de los métodos más empleados para la gestión de inventarios se describirán a continuación, estos modelos son propuestos por Chase y Jacobs (2013) en su obra *Administración de operaciones 13 edición*.

Método ABC

Este modelo contempla un argumento empírico respecto al manejo de inventarios. Tal criterio destaca que aquellos productos que representan un menor porcentaje del número total de artículos son precisamente

los que representan una mayor proporción del valor total invertido o acumulado.

Este sistema de control consiste en formar diferentes grupos, como se muestran a continuación.

Clase A. Incluyen aquellos artículos que tienen una importancia muy grande sobre el valor total de la inversión en el *stocks*. Se trata de los artículos que deben ser objeto de mayor control y vigilancia.

Clase B. Se encuentra en una situación intermedia entre los grupos A y C, es por ello que la política de administración de inventarios que se desee implementar debe ser tomada bajo los criterios de A y C.

Clase C. Se agrupan los artículos que representan un porcentaje pequeño de valor de los *stocks*, aunque representen un elevado porcentaje del número de unidades.

En complemento autores como Krajewski et al. (2014) detallan la siguiente caracterización de los productos de tipo A, B y C:

El 80% del número de unidades *stocks* representa el 20% del valor total de los mismos y viceversa

El 80% del número de clientes le proporciona a la empresa el 20% de ingresos y viceversa.

Clase C: Representan el 5% del valor total, pero 55% del total de inventarios.

Para afianzar la comprensión de este modelo se propone el siguiente ejercicio práctico. Este ejemplo es tomado y adaptado del libro Administración de operaciones de Chase y Jacobs (2013).

Ejemplo Introductorio. La empresa “Mr. Chips”, fabricante de chips de alta velocidad, ha clasificado los 9 artículos de su inventario en función de su volumen anual en dólares. Proponga y diseñe un cálculo ABC para estos elementos.

Tabla 9. Modelo ABC Resuelto

Número de pieza	Porcentaje total de artículos	Producción (piezas)	Coste unitario	Volumen anual en dólares	Porcentaje volumen anual en dólares	Clase
#102	12	1000	90	90000	39	A
#103	6	500	154	77000	33	A
#104	18	1550	17	26350	11	B
#105	16	1350	20	27000	12	B
#106	7	600	14,17	8502	4	C
#107	23	2000	0,6	1200	0.5	C
#108	1	100	8,5	850	0,4	C
#109	14	1200	0,42	504	0,2	C
#110	3	250	0,6	150	0,06	C
Total		8,550		231,556		

Fuente: Chase & Jacobs (2013)

En la tabla 9 se agrupan los distintos elementos según sea su tipología. Vemos cómo para el caso de aquellos elementos tipo A (pieza #102 y #103) el porcentaje de costo representa el 72% del capital total invertido por la empresa, en contraste a la cantidad de piezas que tienen estos elementos dentro del almacén que son el 17% del total (1500/8550).

Modelo De Minimización De Costes (EOQ)

Es un modelo matemático sencillo de identificación y control de inventarios con relación a los costos y gastos de producción. Para esto es importante contemplar todos los costos presentes en la operación y algunos factores generales del control de inventarios. Los principales costos involucrados en los inventarios son:

Costos de mantenimiento. Son los costos de mantener un inventario a lo largo del tiempo. Comúnmente se denominan con la letra H.

Coste de mantenimiento. Son aquellos costes de preservar un elemento que no es usado en el sistema productivo. La fórmula de cálculo se plantea a continuación:

Ecuación 15. Costes de Mantenimiento

Costes de mantenimiento= Costes daños de materiales + costos de almacenamiento + (Costos de seguros, contratación de personal y pago de intereses).

Fuente: Krajewsky et al. (2014)

Otros costos empleados en el modelo se detallan a continuación:

Ecuación 16. Costes de Materiales

Costes de materiales= Costos de equipos + costos de pedidos o de precisión + costos de electricidad + costos operativos.

Fuente: Krajewsky et al. (2014)

Ecuación 17. Costes de Inversión

Costes de inversión= Costes de préstamo + impuestos + seguros de bienes e inventario.

Fuente: Krajewsky et al. (2014)

Ecuación 18. Costes de Pérdidas

Costes de pérdidas= Pérdidas + desechos + daños no reparables

Fuente: Krajewsky et al. (2014)

Todos estos costos de operación están directamente relacionados a ciertos principios de actuación de los sistemas operativos, por ende, su inclusión previa dentro del modelo es indispensable para que este pueda ser empleado. Alguno de los factores indispensables para aplicar el modelo se detalla a continuación:

Factor 1. La demanda debe ser constante e independiente.

Factor 2. Los plazos de entrega son conocidos y permanentes en ciertos periodos de tiempos.

Factor 3. No se presentan descuentos por cantidades elevadas de compra.

Factor 4. Los únicos costes variables son los costes de preparación y mantenimiento.

Aclarado lo anterior, se presentan las ecuaciones de cálculo para el modelo EOQ. Estas expresiones matemáticas son tomadas y adaptas del libro *Manual de la producción* de Pérez (2011).

Coste anual de preparación = Numero de pedidos por año * coste de preparación por pedido. O demanda anual / número de unidades por pedido * coste de preparación por pedido.

Coste anual de almacenamiento = Nivel medio de inventarios * coste de almacenamiento unidad por año. O cantidad del pedido / 2 * Coste de almacenamiento de unidad por año.

Cantidad óptima de pedido: Corresponde al valor del coste de almacenamiento= coste de preparación.

En complemento, cada una de estas fórmulas pueden ser agrupas en las siguientes expresiones de cálculo:

Ecuación 19. Cálculo De Coste Anual De Preparación Modelo EOQ

$$\text{Coste anual de preparación} = D/Q * S$$

Fuente: Pérez (2011)

Ecuación 20. Cálculo Del Coste Anual De Almacenamiento Modelo EOQ

$$Q/2 * H$$

Fuente: Pérez (2011)

Ecuación 21. Cálculo Del Número Óptimo De Piezas Modelo EOQ

$$Q^* = \sqrt{(2D * S/H)}$$

Fuente: Pérez (2011)

Ecuación 22. Cálculo Del Número Estimado De Pedidos Modelo EOQ

$$N = D/Q^* \text{ o } N = D / (\sqrt{(2D * S/H)})$$

Fuente: Pérez (2011)

Cada variable de las anteriores ecuaciones toma las siguientes descripciones:

Q: número de piezas por pedido.

Q*: cantidad de piezas óptimas por pedido (EOQ).

D: demanda.

S: costes de preparación.

H: costes de mantenimiento.

Para hallar el coste total, procedemos a aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 23. Cálculo Del Costo Total Modelo EOQ

$$\text{Coste total (CT)} = D/Q*S + Q/S*H$$

Fuente: Pérez (2011)

Descritos los aspectos generales del modelo EOQ, es importante mencionar que la definición del término “punto de reorden” hace referencia a la cantidad mínima que debe tener la empresa de un material, de manera que cuando este disminuya se deba emitir una alerta o una orden que supla la necesidad de inventario estándar. Esta variable puede ser calculada con la siguiente expresión:

Ecuación 24. Cálculo Del Punto De Reorden. Modelo EOQ

$$\text{Punto de reorden} = \text{tiempo entrega del pedido} * \text{demanda}$$

Fuente: Pérez (2011)

A continuación, se propone un ejercicio sencillo de aplicación del método:

Ejercicio Introductorio. Si una empresa privada de la región mantiene una demanda de 1000 unidades por año, con un costo por pedido de 5 dólares y costo de mantenimiento de 1,25 dólares por unidad, con tiempo de entrega de 5 días y costo de unidad de 12,50 dólares; determine mediante el modelo EOQ:

- A. cantidades mínimas para pedir.
- B. punto de reorden.
- C. costo total.
- D. costo pedido anual.

Solución. Para dar respuesta a los incisos de este ejercicio es importante emplear las ecuaciones 21,22 y 23 respectivamente, con esto se obtienen los siguientes resultados:

$$Q = \sqrt{(2(5 \text{ dólares}) * 1000 \text{ unidades/año}) / 1,25} = 89,44 \text{ unidades}$$

De acuerdo con el modelo EOQ, la empresa debe pedir como mínimo un total de 90 unidades. Esta es la mínima cantidad para mantener una relación equilibrada entre los costos de mantenimiento y los costos de pedir.

$$\text{Punto de reorden (R)} = 5 * 1000 / 360 = 13,88$$

La cantidad mínima de unidades que se deben que mantener dentro del inventario es de 14 unidades. Cuando el *stock* esté por debajo de este valor la empresa debe emitir una orden para producir y completar dicha cantidad, de lo contrario el aumento de los costos será una consecuencia directa de esa eventualidad.

Para finalizar con el ejercicio, se dispone a emplear la fórmula de costo total para conocer los aspectos monetarios del ejercicio:

$$CT = 1000 * (12,50) + (1000 / 89,49) * (5) + 89,44 / 2(1,25)$$

$$CT = 12611,803 \text{ dólares/año}$$

Si la empresa desea emplear el modelo EOQ, los costos anuales por concepto de inventarios tendrán un valor de 12611 dólares, de los cuales un gran porcentaje dependen del precio elevado de producir el insumo.

Modelo de cantidad de pedido de producción POQ

En el anterior modelo de inventario (EOQ) se operaba con el supuesto de que todo se recibía al mismo tiempo. En ocasiones el pedido va recibiendo unas variaciones con el tiempo, las cuales van alterando el comportamiento general de los costos.

El modelo POQ emplea las mismas fórmulas de cálculo del método de cantidad mínima de pedido, sintetizando cada una de estas en una expresión matemática de cálculo expuesta a continuación:

Ecuación 25. Cálculo Modelo POQ

$$Q^* = \frac{\sqrt{2D \cdot S}}{h(1 - \frac{d}{p})}$$

Fuente: Pérez (2011)

De la anterior expresión, Q (número de piezas por pedido), h (coste anual de almacenamiento), p (ritmo de producción), d (demanda diaria) y t (duración del ciclo de producción en días). El siguiente ejercicio introductorio es adaptado del libro *Gestión de la producción y operaciones* de Villalobos et al. (2011):

Ejercicio introductorio modelo POQ. Hay una compañía colombiana dedicada a la fabricación y venta de tubos para una reconocida empresa de automóviles. La previsión que maneja la empresa para sus tubos es de 1000 unidades para el 2021, con una demanda diaria de 4 unidades. Sin embargo, el proceso de producción tiene su máxima eficiencia con 8 unidades/día. Por ello, la empresa fabrica 8 unidades cada día de las que solo usa 4, la fábrica trabaja 250 días al año. Calcular la cantidad óptima de pedido.

Solución. En primer lugar, se deben identificar los datos requeridos por la fórmula para después emplearlos en la fórmula matemática.

$$D= 1000 \text{ unidades}$$

$$S= 10$$

$$h= 0,50$$

$$p= 8 \text{ unidades al día}$$

$$d= 4 \text{ unidades al día}$$

Reemplazando en la ecuación 25, se obtiene:

$$Q^* = \frac{\sqrt{2(1000)*(10)}}{0.50(1-\frac{4}{8})}$$

Efectuando las operaciones se obtiene que la cantidad óptima de pedidos de acuerdo con los índices de producción es de 283 tubos mensuales.

CAPÍTULO 3

NOCIONES DE PLANEACIÓN AGREGADA Y CONTROL DE PRODUCCIÓN

3.1 Conceptualización Y Definición Del Término

La planeación agregada (PAP) es aquella herramienta en la que se programan órdenes de producción considerando la demanda requerida y la capacidad instalada. Según sea el proceso, la estrategia de operación será distinta, por lo que los costos variarán en función del manejo de los recursos disponibles.

Este mecanismo de control y gestión de la producción generalmente se encuentra ubicado en las fases tácticas y misionales como la gestión y diseño de procesos, en conjunto a la planeación del manejo de recursos. Técnicamente, es recomendable emplear el modelo en la gestión de intervalos de tiempo mayores a los tres meses pero inferiores a los dieciocho para que se pueda ampliar el grado de seguridad respecto al cumplimiento o no de las metas trazadas.

El modelo PAP contempla operativamente el uso de familias de productos como estándar al momento de tomar decisiones debido a que existen referencias que tienen un margen de similitud en los procesos con otras, por tal motivo el comportamiento en tiempos y movimientos es similar.

Hernández et al. (2022) exponen que el objetivo de la planeación agregada es definir niveles de producción generales a mediano plazo, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. A partir del conocimiento de estos factores la empresa podrá determinar los niveles de producción que se plantean y la mezcla de los recursos a utilizar.

Para poder diseñar un buen PAP, es importante destacar e identificar algunas variables directa del proceso, tal y como se mencionan a continuación:

- Pronóstico de la demanda.
- Capacidad de las instalaciones.
- Niveles totales de inventarios.
- Nómina.
- *Inputs* relacionados.

La importancia de la planeación agregada (PAP) radica en la relación mercadotécnica que se presenta entre oferta y demanda, y la producción a mediano plazo para poder cumplir con las necesidades del mercado.

3.2 Estrategias De La Planeación Agregada

Seguidamente a la identificación de los valores cuantitativos de estas variables, se procede a identificar la estrategia de producción que más se adecúe al sistema operativo. Chase & Jacobs (2013) proponen las siguientes estrategias que son clasificadas en dos tipos: opciones de capacidad y opciones de demanda..

Opciones De Capacidad

Las estrategias planteadas por estos autores en los casos en donde la capacidad de la industria se ve afectada, se exponen a continuación:

Caso 1. Cambiar niveles de inventarios

Propuesta. En periodos donde la demanda disminuye, es importante contar con existencias en *stock*, de modo que estas aseguren un pedido futuro por parte de los consumidores.

Caso 2. Variar el tamaño de la nómina o despedir temporalmente.

Propuesta. Despedir y contratar personas según sea la necesidad de producción. En épocas donde la demanda aumenta, la contratación de

nuevos operarios es una opción viable para continuar con la operación del proceso. El caso contrario sucede cuando la demanda disminuye y la empresa debe despedir algunos empleados con el objetivo de reducir los costos operacionales y poder vender el producto a buen precio.

Caso 3: Variar las tasas de producción mediante horas extras o aprovechando horas de inactividad de los operarios.

Propuesta. Esta estrategia contempla una constante en la mano de obra, es decir, no se contrata ni se despide. La variación se presenta en la disponibilidad horaria; cuando las unidades a producir aumenten, aumentarán las horas a trabajar (horas extras).

Caso 4: Subcontratar trabajadores

Propuesta: Este plan habitualmente se emplea en las empresas de servicios cuando estas tienen un aumento elevado de la demanda y requieren suplirlo a partir de campañas de mercadeo fuertes.

Opciones De Demanda

Caso 1. influir sobre la demanda

Propuesta. ante una eventual demanda baja, tratar de aumentarla mediante publicidad, promociones, etc.

Caso 2. retener pedidos (back ordering)

Propuesta. los pedidos pendientes son solicitudes de artículos que la empresa no fue capaz de satisfacer. Esta opción es viable siempre y cuando los clientes estén dispuestos a esperar, sin perder la paciencia o cancelar el pedido.

Caso 3. combinación de productos o servicios con ciclos de demanda complementarios.

Para entender un poco mejor este concepto, imaginemos las empresas que producen en estaciones diferentes al año; por ejemplo, las empresas que fabrican aires acondicionado y aparatos de calefacción. Cada una de estas compañías requiere de insumos equivalentes en sus procesos

productivos, el consumidor final es el mismo y lo único que cambia es el periodo y clima por el cual surge la necesidad. En estos casos las empresas pueden trazar horizontes de producción de insumos basados en pronósticos y mantenimiento de inventarios.

Con el objetivo de afianzar cada una de estas opciones, a continuación se expone un caso de estudio expuesto por Chase & Jacobs (2013), en el cual se realiza y evalúa cada uno de los cuatro casos de capacidad anteriormente detallados.

Ejercicio Propuesto PAP. Una empresa muy reconocida a nivel internacional por la calidad de sus productos y precios bajos, casi siempre planea la producción de todo el año con el fin de identificar los extremos de la demanda en los meses más lentos y ocupados. Cada plan agregado que la empresa realiza se enfoca en la siguiente información:

Tabla 10. Demanda Ejercicio Propuesto PAP

Demanda 2022		Días Hábiles Al Mes
X (Meses)	Y (Unidades)	
Enero	600	22
Febrero	1550	19
Marzo	1500	21
Abril	1500	21
Mayo	2400	21
Junio	3100	19
Julio	2600	22
Agosto	2900	19
Septiembre	3800	22
Octubre	4500	21
Noviembre	4000	19
Diciembre	4900	18

Fuente: elaboración propia

Respecto a los costos se cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 11. Costos Ejercicio Propuesto PAP

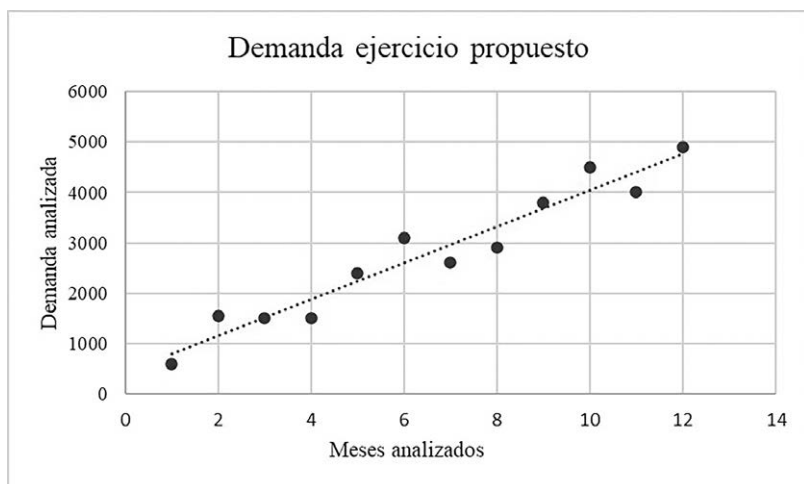
Costos Del Producto (Unidad)	
Materiales	100 dólares unidad
Mantenimiento de inventario	1.50 dólares unidad/ mes
Costo marginal del inventario agotado	5 dólares unidad/mes
Costo marginal de subcontratar	Costos de subcontratación – ahorro de material = 120 dólares - 100 dólares = 20
Costo de contratación y capacitación	200 dólares por trabajador
Costo de despido	250 dólares por trabajador
Horas de trabajo requeridas	1 horas por unidad
Costo de tiempo regular (1 turno = 8 horas)	4 dólares por hora
Costo de tiempo extra	6 dólares por hora
Inventario	
Inicial: 1000 unidades	
Inventario de seguridad: 25 % de la demanda mensual	

Pregunta. De acuerdo a la anterior información, diseñe y calcule tres planes de producción diferentes para la empresa con el fin de elegir el que menos costos represente.

Solución

Paso 1. Graficar la demanda y determinar la línea de tendencia.

Figura 11. Gráfica Demanda Del Ejercicio Propuesto



Fuente:
elaboración
propia

Paso 2. Se plantea ecuación de la recta.

$$\text{Demanda (Y)} = a+bX$$

a: Es el punto de corte en el eje Y , este punto lo podemos sacar si proyectamos la línea de tendencia al eje. Para este caso el valor aproximado de A es 400.

$$b \text{ (pendiente): } \frac{(4900 - 600)}{(12-1)} = 390,4 \text{ unidades/año}$$

Paso 3. Con la ecuación ya formada, se procede a realizar los pronósticos para los proximos doce meses del año 2023.

Tabla 12. Pronósticos Ejercicio Propuesto PAP

Demanda 2023		Días Hábiles Al Mes
X (Meses)	Y (Unidades)	
Enero	790	22
Febrero	1181	19
Marzo	1571	21
Abril	1962	21
Mayo	2352	21
Junio	2742	19
Julio	3133	22
Agosto	3523	19
Septiembre	3914	22
Octubre	4304	21
Noviembre	4694	19
Diciembre	5085	18
Total unidades/ año	35251	244

Fuente: elaboración propia

Paso 4. Agrupamos los datos.**Tabla 13. Estandarización De Datos PAP**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Inventario inicial (I)	1000	1367,5	1465	1562,5	1660	1757,5
Pronóstico de la demanda (P)	790	1181	1571	1962	3133	3523
Inventario de seguridad (IS) (0,25*P)	198	295	393	490	783	881
Requerimiento de producción (P+IS-I)	-12	109	499	890	2256	2647
Inventario final (I+RP-P)	198	295	393	490	783	881

Una vez estandarizados los datos se plantea el diseño de los cuatro planes alternativos para la empresa, calculando los respectivos costos de implementación y su favorabilidad para las necesidades de la empresa.

Plan 1. Producir de acuerdo con los requerimientos de producción mensual exactos, utilizando un día regular de ocho horas con un tamaño de la fuerza de trabajo variable.

Tabla 14. Plan Agregado 1 Ejercicio Propuesto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Requerimiento de producción	-12	109	499	890	2256	2647
Horas de producción	-12	109	499	890	2256	2647
Días hábiles por mes	22	19	21	21	21	19
Horas al mes por trabajador (días hábiles*8h/día)	176	152	168	168	168	152
Trabajadores requeridos (Horas de producción requeridas/horas al mes por trabajador)	0	1	3	5	13	17

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Nuevos trabajadores contratados (suponiendo que la fuerza de trabajo inicial sea igual al requerimiento de 166 trabajadores en los primeros meses)	0	1	2	2	8	4
Costos de contratación (nuevos trabajadores contratados*200 al mes)	\$ 0	\$ 200	\$ 400	\$ 400	\$ 1.600	\$ 800
Despido de trabajadores	0	0	0	0	0	0
Costo de despido (trabajadores despedidos*250)	0	0	0	0	0	0
Costo del tiempo regular (horas de producción requeridas* 4 dólares)	-\$ 48	\$ 434	\$1.996	\$ 3.558	\$ 9.024	\$ 10.586
Total	\$ 28.950					

Plan 2. Mantener una fuerza laboral durante lo corrido del periodo analizado, variando única y exclusivamente las existencias en los inventarios.

Una vez definida la estrategia, se procede a calcular el número de trabajadores promedio. Para esto se debe realizar el siguiente procedimiento:

Trabajadores promedio= (Total de requerimientos * horas de trabajo requeridas) / (total de días al año que trabaja * horas al día que trabaja).

Trabajadores promedio= (35251 unidades * 1 hora) / 123 días * 8 horas al día) =

Trabajadores promedio= 40

Tabla 15. Plan Agregado 2 Ejercicio Propuesto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Inventario inicial	1000	1367,5	1465	1562,5	1660	1757,5
Días hábiles por mes	22	19	21	21	21	19
Horas de producción disponibles (días hábiles al mes * 40 trabajadores* 8 horas)	7040	6080	6720	6720	6720	6080
Producción real (horas de producción disponibles / 1 horas por unidad)	7040	6080	6720	6720	6720	6080
Pronóstico de la demanda	790	1181	1571	1962	3133	3523
Inventario final (inventario inicial+ producción real- pronóstico de la demanda)	7250	13516	20130	26451	31698	36013
Costos de escasez (unidades faltantes * 5 dólares)	0	0	0	0	0	0
Inventario de seguridad	198	295	393	490	783	881
Unidades de exceso (inventario final- inventario de seguridad)	7052	13221	19737	25961	30915	35132
Costos de inventario (unidades de exceso * 1,50 dólares)	\$ 10.578	\$ 19.832	\$ 29.606	\$ 38.941	\$ 46.373	\$ 52.698
Costo del tiempo regular (hora de producción disponibles * 4 dólares)	\$ 28.160	\$ 24.320	\$ 26.880	\$ 26.880	\$ 26.880	\$ 24.320
Total	\$ 355.467					

Plan 3. Producir para cubrir la demanda mínima esperada en el mes de abril, utilizando una fuerza de trabajo constante en tiempo regular e incluir la subcontratación para cubrir los requerimientos de producción adicionales.

Para determinar el número de trabajadores mínimos para cubrir la demanda de abril, procedemos a utilizar la siguiente formula:

$$\text{Número de trabajadores} = (\text{requerimiento mínimo del mes de abril} * 1 \text{ hora unidad}) / (\text{días hábiles} * 8 \text{ horas})$$

$$\text{Número de trabajadores requeridos} = 6720 * 1 \text{ hora unidad} / 21 * 8 = 40 \text{ trabajadores.}$$

Tabla 16. Plan Agregado 3 Ejercicio Propuesto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Requerimiento de producción	-12	109	499	890	2256	2647
Días hábiles por mes	22	19	21	21	21	19
Horas de producción disponibles (días hábiles al mes * 8 horas * 40 trabajadores)	7040	6080	6720	6720	6720	6080
Producción real (horas de producción disponibles/ 1 h por unidad)	7040	6080	6720	6720	6720	6080
Unidades subcontratadas (requerimiento de producción - producción real)	-7052	-5972	-6221	-5831	-4464	-3434
Costo de la subcontratación (unidades subcontratadas × 20 dólares)	0	0	0	0	0	0
Costo del tiempo regular (horas de producción disponibles × 4 dólares)	\$ 28.160	\$ 24.320	\$ 26.880	\$ 26.880	\$ 26.880	\$ 24.320
Total	\$ 157.440					

Conclusión

Una vez empleados los tres tipos de planes agregados, la estrategia que más le conviene a la empresa es emplear una metodología push, es decir, producir las unidades que se requieran en el periodo. Para esto la empresa debe contratar y despedir operarios según sean las unidades demandadas: a mayor cantidad deberá contratar y, caso contrario, cuando sea menor los despedidos serán una alternativa de operación.

Referencias

- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2013). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill.
- Hernández, R., Burgos, R., Salazar, R., Ortega, K., & Delgado, R. (2022). *Planeación agregada*. <https://www.gestiopolis.com/planeacion-agregada/#:~:text=La%20decisi%C3%B3n%20de%20la%20planeaci%C3%B3n,subcontrataciones%20y%20niveles%20de%20inventario>.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2014). *Administración de operaciones*. Pearson.
- Mauleon, M. (2014). *Gestión de Stock*. Ediciones Díaz de Santos.
- MINITAB. (2018). *MINITAB*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/time-series/how-to/winters-method/methodolares-and-formulas/methodolares-and-formulas/>
- Perez, C. B. (2011). *Manual de producción*. ECOE EDICIONES.
- Ramón, J. G. (2017). *Método Holt Winters*. https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/283115_72aea7c9fa224b89878c65ec53db3684.html
- Ruiz, R. V. (2013). *Gestión de la producción*. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/1321.pdf>
- Villalobos, N. C., Altahona, O. C., & Herrera, T. J. (2011). *Gestión de la Producción y Operaciones*. Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000 - Colombia. https://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55847.pdf



Cel: 3162382656 – Bogotá Colombia
editorialcreser@gmail.com
www.editorialcreser.com

La obra se contextualizó para comunicar de forma muy sencilla el desarrollo del proceso de producción inicial de manera básica. Con el propósito de que el lector comprenda la composición de esta gran área de las organizaciones que realizan transformación física y necesitan tener un ordenamiento de los recursos que intervienen en el proceso cuando se está comenzando a agregar valor.

La obra se estructuró pensando en aportar al lector conceptos básicos del área de producción para cuando se desean planificar los recursos empresariales que intervienen en este proceso organizacional y también describe aquellas nociones del área para realizar planeación agregada junto con el control de la producción de manera muy comprensiva.

Dirigida a estudiantes de programas técnicos y tecnológicos que contemplen en su currículo el área de la Administración de la Producción y las Operaciones. Programas de pregrado en formación de profesionales con este contenido como Ingeniería Industrial, Ingeniería de Producción. Además programas tecnológicos referentes a procesos industriales y programas como Administración de Empresas.

