



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

“Minimización de costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada en el área de concretos de la empresa CONCRETOS LAR, SA DE CV en la ciudad de Tuxpan Veracruz.”

PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Industrial.

PRESENTA

Griseida Monserrat Bautista Melchor.

DIRECTOR DE TESIS

MII. Fernando Reyes Juárez.

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER.

FEBRERO DE 2023



Dedicatoria

La presente Tesis es dedicada a Dios ya que gracias a mi señor logre concluir mi carrera, de manera especial a mis padres Petra Melchor Domínguez y Alfredo Bautista Melchor por brindarme todo el apoyo en el transcurso de mi vida profesional. A mi hermano Alfredo Bautista Melchor por sus palabras y su compañía. Quienes han sido parte fundamental para escribir este libro, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

Agradecimientos

En la elaboración de esta tesis agradezco a la honorable institución del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, por abrirme las puertas a este prestigioso instituto y poder estudiar la carrera de Ingeniería industrial así como también a los docentes que nos impartieron su conocimiento en las aulas a lo largo de esta carrera también como a mis asesores interno el Ing. Fernando Reyes Juárez, y externa Auxiliar Administrativo de CONCRETOS LAR SA DE CV a la Lic. Lorena Reyes Bruton que me están apoyando y brindaron su tiempo como sus conocimientos para apoyarme en esta etapa de mi vida profesional agradeciendo que tuvieron tanta paciencia como comprensión para poder aclarar mis dudas de manera gentil y profesional.

A mis señores padres Alfredo Bautista Juárez, Petra Melchor Domínguez que confiaron en mi desde el principio apoyándome, cuando más lo necesitaba dándome la motivación y la fortaleza para seguir adelante cumpliendo el sueño que tanto anhelaba de ser una gran Ingeniera Industrial, también a mi hermano Alfredo Bautista Melchor, por sus sabios consejos y que si se puede lograr lo que uno se propone.



Resumen

La presente Tesis nace en la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV teniendo como objetivo general en apoyar a la empresa en la minimización de costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, en la ciudad de Tuxpan Veracruz considerando que su actividad general del proceso es la producción-venta y suministro de concreto hidráulico, actividades complementarias para la producción en el análisis que se basa en la planeación agregada permitiendo la previsión de producción en un plazo determinado.

Cuando hablamos de planeamiento agregado nos referimos a un método de planificación con horizonte de corto plazo, por lo general, sirve para establecer la cantidad de los recursos que una empresa necesitará para satisfacer la demanda esperada, este tipo de planeación agregada nos informará de los recursos necesarios que son para completar la producción en un tiempo estimado.

Abstract

This Thesis was born in the company CONCRETOS LAR SA DE CV with the general objective of supporting the company in minimizing operating costs through the application of aggregate planning in the area of CONCRETOS LAR SA DE CV, in the city of Tuxpan Veracruz considering that its general activity of the process is the production-sale and supply of hydraulic concrete, complementary activities for the production in the analysis that is based on the aggregate planning allowing the forecast of production in a determined term.

When we talk about aggregate planning, we refer to a planning method with a short-term horizon, in general, it is used to establish the amount of resources that a company will need to satisfy the expected demand, this type of aggregate planning will inform us of the resources necessary that are to complete the production in an estimated tim.



ÍNDICE TEMÁTICO

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Abstract.....	3
1. INTRODUCCION	11
1.1 Antecedentes de la empresa	13
1.1.1 Macro localización.....	14
1.1.2 Micro localización	14
1.1.3 Organigrama del área de Concreto.	15
Descripción de los puestos.....	16
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Justificación	18
1.4 Hipótesis	18
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Objetivo General.....	19
1.5.2 Objetivo Particulares.....	19
1.6 Alcances.....	19
2. MARCO TEORICO	20
2.1 ¿Que es la producción?	20
Características de la producción	23



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

2.2 Proceso de ventas de Concretos.....	25
2.2.1 Proceso de Concretos.....	26
2.3 Planeación agregada	27
2.3.1 Ventajas y desventajas	31
Ventajas de planeación agregada.....	31
Desventajas de planeación agregada.....	31
2.3.2 Estrategias de planeación agregada	32
Estrategias de planeación agregada	35
2.3.3 Costos operativos.....	36
Principales costos operativos de una empresa	38
2.4 Modelos de pronósticos	41
2.4.1 Promedio móvil.....	48
¿Qué es un promedio móvil?	50
Características del Promedio Móvil.....	52
Ventajas del Promedio Móvil	52
Desventajas del Promedio Móvil.....	53
¿Para qué se utilizan los Promedios Móviles?.....	53
Clasificación de los Promedios Móviles.....	53
Promedio móvil simple.....	54
Promedio móvil ponderado.....	55
2.4.2 Suavizamiento exponencial	56
Suavizamiento en el pronóstico	57
Promedio móvil ponderado.....	58



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Suavizamiento exponencial	60
Ejemplo de suavización exponencial	62
2.4.3 Regresión lineal	63
Preliminares	64
Modelo lineal simple	65
Regresión lineal multivariante	66
Incertidumbre.....	66
2.4.4 Error Absoluto medio Porcentual (MAPE).....	67
2.4.5 Desviación Absoluta Media (MAD).....	68
2.4.6 Desviación Cuadrática Media (MSD).....	69
➤ N=Numero de partículas a promediar, vector.	69
3. Estado del Arte.....	71
Principales costos operativos de una empresa	76
4. Metodología.....	83
4.1 Metodología.....	83
4.2 Herramientas a utilizar.....	84
4.2.1 El ciclo PHVA	84
4.2.2 Implementación del ciclo PHVA	84
4.2.3 Evaluar estrategias de planeación agregada.....	85
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	86
5.1 Se identificará el sistema de producción a través de un diagrama de flujo	86
5.2 Determinar la demanda proyectada mediante modelo de pronóstico cuantitativo ..	88



5.3 Determinar los costos operativos en el área de producción de concreto	98
5.4 Evaluar estrategias de planeación agregada que permitan minimizar los costos operativos.....	100
4.5 Diseñar recomendación de mejora.....	107
Conclusión	110
Anexos:	112
Bibliografía:	129

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Macro Localización.....	14
Figura 2 Micro Localización.....	14
Figura 3 Organigrama de CONCRETOS LAR SA DE CV.	15
Figura 4 Proceso de la Producción.	20
Figura 5 Producción.....	21
Figura 6 Planta 1 donde realizan la producción.....	22
Figura 7 Concretera para la producción del concreto Hidráulico.....	24
Figura 8 Proceso de Ventas de Concretos.	25
Figura 9 Proceso de Concretos.	26
Figura 10 Horizonte de la planeación agregada.....	27
Figura 11 Plan Agregado.	28
Figura 12 Información básica de la planeación.	29
Figura 13 Procedimiento de un plan agregado.	30
Figura 14 Planeación Agregada.....	32
Figura 15 Planeación Agregada de la producción.	33
Figura 16 Información del sistema de planeación en producción.....	34
Figura 17 Calculo de costos.....	36



Figura 18 Costos de Operación.....	38
Figura 19 Costos de Operación.....	40
Figura 20 Clasificación de los Modelos de Pronósticos según su tipo.	42
Figura 21 Modelos Pronóstico.....	43
Figura 22 Métodos de Pronósticos.....	44
Figura 23 Beneficios de los modelos de pronósticos en las empresas.....	45
Figura 24 Modelos Objetivos o Cuantitativos.	46
Figura 25 Modelos Subjetivos o Cualitativos.....	47
Figura 26 Promedio Móvil.....	48
Figura 27 Promedio Móvil Exponencial.....	49
Figura 28 Promedio Móvil Simple. (SMA)	50
Figura 29 Promedio Móvil Exponencial. (EMA)	51
Figura 30 Promedio Simple.	52
Figura 31 Promedio Móviles.	54
Figura 32 Promedio Móvil Simple.	54
Figura 33 Promedio Móvil Ponderado (WMA).....	55
Figura 34 Suavizamiento Exponencial	57
Figura 35 Suavizamiento en el Pronostico	58
Figura 36 Promedio Móvil Ponderado.....	59
Figura 37 Suavizamiento Exponencial.	60
Figura 38 Promedio Móvil.....	61
Figura 39 Valores del Pronostico.....	62
Figura 40 Regresión Lineal.....	63
Figura 41 Preliminares.....	65
Figura 42 Modelo Lineal Simple.	66
Figura 43 Formula de Incertidumbre.	67
Figura 44 Formula del MAPE.	68
Figura 45 Formula de la Desviación Absoluta Media. (MAD)	69



Figura 46 Formula de desviación Cuadrática Media. (MSD).....	70
Figura 47 Producción.....	71
Figura 48 Planificación.....	72
Figura 49 Fases de la planeación.	73
Figura 50 Plan Agregado.	74
Figura 51 Plan del proceso de Planificación.....	75
Figura 52 Plan Agregado.	76
Figura 53 Costos Operativos.....	77
Figura 54 Media Móvil.	78
Figura 55 Suavizamiento Exponencial.	78
Figura 56 Regresión Lineal.....	81
Figura 57 Indicadores de Precisión de Pronósticos	82
Figura 58 Ciclo de PHVA.....	83
Figura 59 Planeación Agregada.	85
Figura 60 Diagrama de Flujo.....	87
Figura 61 Grafica de Promedio Móvil de Demanda Real de enero-noviembre.	92
Figura 62 Grafica de Residuos para Demanda Real.....	93
Figura 63 Grafica de Suavización para Demanda Real enero-noviembre.....	95
Figura 64 Grafica de Residuos para Demanda Real.....	95
Figura 65 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real.	97



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de demanda real y costo Unitario.	88
Tabla 2 Métodos con MAPE, MAD Y MSD en general de enero-noviembre.....	97
Tabla 3 Costos	98
Tabla 4 Materia Prima	99
Tabla 5 Costos en General	100
Tabla 6 Tipos de Costos.....	101
Tabla 7 Estrategia de Variación de la fuerza de trabajo. (VFT)	101
Tabla 8 Tabla de Costos.....	103
Tabla 9 Variación de la Nivelación de Inventario (VNI)	103
Tabla 10 Tipos de Costos.....	105
Tabla 11 Subcontratación (SUB).....	105
Tabla 12 Costos Generales.	107
Tabla 13 Subcontratación (SUB).....	108



1. INTRODUCCION

En la elaboración de esta Tesis, aplicando la minimización de costos operativos mediante la planeación agregada se debe considerar ¿Qué es?, ¿Para qué sirve? y ¿Cómo se aplica?, a través de una empresa, considerando su uso adecuado como la reducción de costos y sus servicios. Como principal punto deben tener en cuenta que nos proporciona la planeación agregada.

La planeación agregada es como su propio nombre indica diferentes niveles de agregación donde se incluyen los diferentes tipos de productos que son objeto de estudio, surgiendo varias categorías:

Artículos: Son los productos finales que los clientes demandan, con todas sus características de detalle (modelo, color , peso, etc.)

Modelo o familias: Están en un nivel más agregado, que son conjuntos de artículos con características comunes (los mismos costos de preparación de máquinas.)

Líneas de productos o tipos: Están en el nivel agregado, Que son los conjuntos de modelos con características similares. (Garcia & Puente, 2006)

La planeación agregada de la producción es uno de los aspectos en que los investigadores de operaciones, más tiempo y recursos han invertido a través del tiempo. Por muchos años se han desarrollado infinidad de modelos basados en programación lineal, que tratan de capturar los aspectos más relevantes como mano de obra, costos e inventarios.

Los modelos matemáticos de planeación agregada de producción son útiles para la toma de decisiones administrativa (Como por ejemplo la ampliación de capacidad de una planta) por ejemplo, el número exacto de unidades a producir en un periodo, esto debido a que la planeación agregada se basa en unidades y estándares de familias agregados, los cuales , nos permiten una correcta precisión en el plan además teniendo en cuenta el carácter, los



modelos. (Quintero, Correa Espinal, & Aristizabal, Un enfoque de analisis multiobjetivo para la planeacion agregada de produccion, 2003)

Es muy esencial aplicar la planeación agregada en una empresa para ofrecer un mejor servicio al cliente ya que el proceso que se requiere es un trabajo en equipo para ayudar a mantener equilibrada a la empresa en la oferta y demanda cuyo objetivo es determinar una estrategia de forma anticipada que permita un requerimiento de producción.

Considerando que la planeación agregada busca determinar la cantidad de tiempos de producción, determinando la demanda pronosticada, ajustando los índices de producción, mano de obra, niveles de inventario, tiempos extras en el trabajo, tasa de subcontratación entre otras variables.

La planeación agregada es una parte del plan de negocios que están formado por actividades de la empresa, informándonos de los resultados que deben alcanzar a través de números de unidades de productos, tomando en cuenta que un plan agregado está formado por unidades de producción, por ejemplo, horas trabajadas, actividades terminadas, objetivos logrados y asimismo planificando las horas. (Smith, 2003)

Dicho proyecto realizado en la empresa Santa clara, tiene como principal función llevar a cabo el proyecto de la minimización de costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV en la ciudad de Tuxpan Veracruz.



1.1 Antecedentes de la empresa .

En el consorcio Santa clara el principal compromiso es satisfacer las necesidades de los clientes de las diferentes empresas de esta zona, a través del suministro de productos y servicios de alta calidad para la industria de la construcción, trabajando en equipo, brindando confianza en el desarrollo de proyectos y garantizando la seguridad operacional en nuestros centros de trabajo para todo el personal, siempre buscando una mejora continua de nuestros procesos.

Santa Clara ofrece una gran variedad de productos y servicios como la construcción en obra civil, (terracerías, pavimentación, edificación, obras complementarias), producción y ventas de materiales pétreos, concretos asfálticos, venta y suministro de concretos hidráulicos así como el servicio de transporte de carga de materiales y equipos asociados al sector de la construcción.

Están comprometidos en cumplir con la satisfacción de los clientes, con los requisitos aplicables. Con base en objetivos, mejoran continuamente sus procesos del sistema de gestión de calidad, siempre a la vanguardia, trabajando con profesionalismo y respeto a la sociedad, cuidando la seguridad y salud de los trabajadores.

Actividades Generales del proceso

Producción, ventas y suministro de concreto hidráulico y actividades complementarias para la producción.

Objetivo de la empresa

Establecer los requerimientos que se cumplirán para la elaboración de concreto en planta que será utilizado en la construcción de obras civiles ejecutado por la empresa y clientes ajenos a esta.



1.1.1 Macro localización.

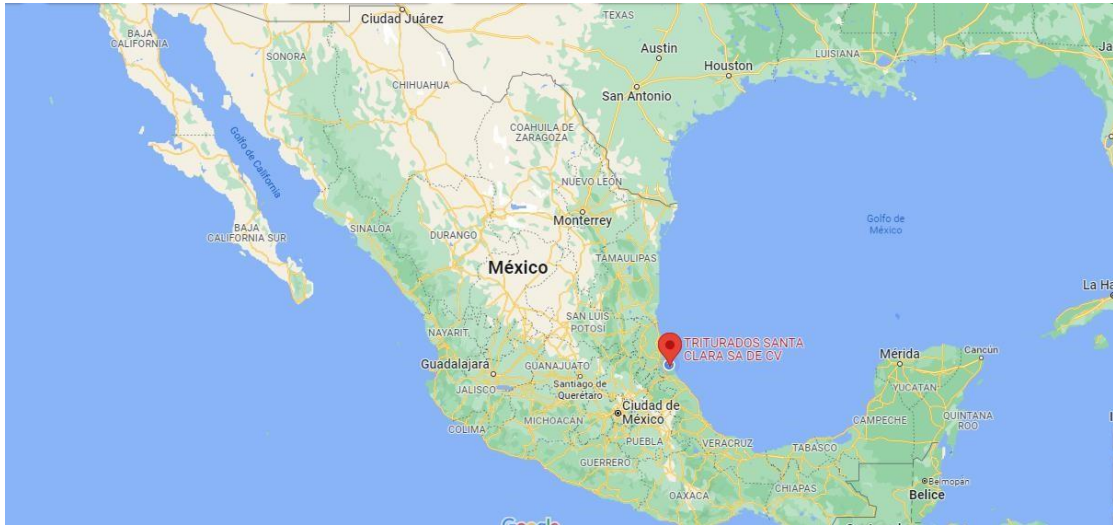


Figura 1 Macro Localización.

Fuente: (Mapas de Google, 2022)

1.1.2 Micro localización



Figura 2 Micro Localización.

Fuente: (Mapas de Google, 2022)



1.1.3 Organigrama del área de Concreto.

	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	No. Revisión:	4
		Fecha de Revisión:	Junio 2021
	Organigrama de Concreto	Página:	1/2



Figura 3 Organigrama de CONCRETOS LAR SA DE CV.

Fuente: Obtenida de la empresa.



Descripción de los puestos

Gerente de concretos: Desarrollan en el área de concreto produciendo un concreto de calidad, mejorando los procesos para lograr así, la satisfacción del cliente.

Auxiliar administrativo y operativo: Administración de entradas y salidas de insumos para la producción del concreto hidráulico y atención de las ventas.

Dosificador: Realiza la dosificación de los materiales para la producción de concreto hidráulico asegurando un producto de calidad que satisfaga a los clientes, así como mantener la planta dosificadora en buen estado realizando la gestión y supervisión de los mantenimientos necesarios.

Descripción y perfil de puesto operador de carro bomba: Suministrar el producto donde lo requiera el cliente verificando la mejor ubicación para el bombeo y estar al pendiente de la velocidad y cantidad de suministro del concreto bombeado para el proyecto.

Descripción y perfil de puesto operador de carro revoladora: Transportar y suministrar el producto al cliente entregando en tiempo y forma. Brindando un servicio al cliente de calidad.

Descripción y perfil de puesto operador de maquinaria pesada: Mantenimiento de almacenes de agregados y alimentación a la planta dosificadora según la demanda de la producción, así como mantener la limpieza de la zona de carga de la planta y pruebas de laboratorio de materiales.

Ayudante General: Apoyar en las actividades que se realizan en su área de trabajo.

Residente: El residente se encarga de realizar distintas actividades en apoyo a la auxiliar administrativa de CONCRETOS LAR como son las siguientes: Escanear los Command Batch de la planta 1 y planta 2, checar y realizar el inventario en el programa de VS Control Total, así como verificar las remisiones, y realizar las diferentes cargas en Excel de todo lo



que se realizó en producción así mismo organizar y archivar documentación que se genera en todo el mes en sus respectivas carpetas etc.

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad muchas empresas e instituciones en el ámbito económico tienen el problema de no poder elegir una adecuada clasificación de costos que corresponde a la necesidad de sus productos o servicios de forma confiable. La presente investigación pretende explicar, aclarar conceptos y ejemplificar con casos reales de la empresa.

Por lo consiguiente actualmente la problemática que se presenta en la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV es la poca producción por los distintos factores los cuales son: la baja venta por falta de obras en la zona, debido a la existencia de nuevas empresas concreteras que han ingresado al mercado. Esto hace que la empresa revise sus procesos administrativos, operativos que puedan seguir siendo competitivos, tomando en cuenta que se busca mejorar la calidad del servicio que se les brinda a los clientes.

Por eso se propuso minimizar los costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada para así darle una mejor solución, poder tener un estándar establecido y no afecte a la empresa como a los trabajadores. Tomando en cuenta que la planeación agregada es una actividad operativa que a través de un plan agregado, permite visualizar qué cantidad de materiales y otros recursos son necesarios para el proceso de producción.

Con base a lo anterior mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el mejor diseño de planeación agregada que permita minimizar los costos operativos en el área de concretos de la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV?



1.3 Justificación

La presente investigación se enfocará en el estudio de la minimización de costos aplicando la planeación agregada por los factores que influyen en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, por la poca producción que se genera actualmente debido a las bajas ventas por falta de obras en la zona por haber sido afectado por la contingencia del COVID-19 (SRAS-CoV-2) así como teniendo competencia de otras empresas.

El presente proyecto tiene como principal función apoyar a la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV en la minimización de costos a través de la planeación agregada ya que este método ayudara a la empresa a reducir los costos que se generan al realizar el concreto hidráulico en la producción, considerando los recursos que una empresa necesita para satisfacer la demanda esperada a través de un plan agregado permitiendo la visualización de materiales y recursos que son necesarios para producir.

La empresa busca proporcionar un concreto hidráulico para satisfacer las necesidades de los clientes por lo cual se propuso aplicar la planeación agregada para así poder reducir sus costos y poder planificar en un determinado tiempo.

1.4 Hipótesis

La hipótesis que se tiene al realizar este proyecto en la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV, es que los costos tengan una minimización para una mejora al momento de realizar el concreto hidráulico para así poder aplicar el método de planeación agregada en la producción y así poder generar un control de cada costo que se implementará.

Lo que se propone al realizar este trabajo de investigación, es poder saber el costo total que maneja la empresa al realizar el concreto hidráulico, así mismo el inventario y poder plasmarlo o explicarlo a través de este método y darle una reducción como una mejora a esta empresa.



1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Minimizar los costos operativos en el área de producción de concretos aplicando planeación agregada con la finalidad de mejorar la eficiencia del proceso en la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV.

1.5.2 Objetivo Particulares

- Identificar el sistema de producción de concreto mediante un diagrama de flujo de procesos operativos.
- Determinar la demanda proyectada mediante modelo de pronóstico cuantitativo.
- Determinar los costos operativos en el área de producción de concreto.
- Evaluar estrategias de planeación agregada que permitan minimizar los costos operación.
- Diseñar recomendación de mejora con la finalidad de evitar la reincidencia de la problemática.

1.6 Alcances

El alcance que se tiene al realizar este proyecto de la minimización de costos operativos aplicando la planeación agregada en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV se propone ese método para ayudar a la empresa a darle una mejora a través del método de planeación agregada para reducir sus costos, por la falta de ventas y las competencias que se presenta con otras empresas, para que no afecte a los trabajadores o fluya otro factor.



2. MARCO TEORICO

2.1 ¿Que es la producción?

Te has preguntado que es la producción y para qué sirve? Y cómo funciona dentro de una empresa? A continuación te explicaremos que la producción es la actividad económica que se encarga de transformar los insumos para convertirlos en productos. Por lo tanto, la producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios que serán utilizados para satisfacer una necesidad. (Castro, 2008)



Figura 4 Proceso de la Producción.

Fuente: (Obtenida por la empresa)

Como se menciona anteriormente, los procesos de planeación a mediano plazo, son procedimientos por los planes a largo plazo , en donde se determinan los objetivos estratégicos de la empresa. En los planes estratégicos de producción y venta se establecen entre otras cosas, las cantidades a producir y a vender en unidades agregadas en el largo plazo, que permitan lograr los objetivos y las metas definidas.

La etapa de planeación de producción , inicia con el proceso de estimaciones de la demanda, conocido como pronóstico de la demanda. En esto se definen las cantidades demandadas a mediano y corto plazo de familias de productos o de artículos individuales, los cuales serán las principales entradas a las siguientes etapas en el proceso de planeación de producción. Para pronosticar la demanda de una familia o de un producto, se emplean métodos cualitativos y cuantitativos específicos de proyección, que requieren ser monitoreados y controlados, de manera que el pronóstico se obtenga lo más enfocado posible. (Alberto, 2008)



Figura 5 Producción.

Fuente: (Obtenida por la empresa)

Resumiendo, podemos decir que la producción es todo proceso de transformación de unos recursos en bienes o servicios, mediante la aplicación de una determinada tecnología. Podemos definir la producción, en términos de sistemas, como un proceso en virtud del cual, mediante la utilización de unos determinados recursos materiales y humanos, a los cuales se les aplica una cierta tecnología, obteniendo un bien o servicio. Esta definición amplia requiere obviamente una serie de matizaciones que veremos a continuación:

Cuando los bienes obtenidos se materializan en forma de producción tangibles, hablamos de producción industrial para distinguirla de la producción de servicios en la cual obtenemos una determinada prestación o información. (Tejero Anaya, 2016)



Vamos a dividir los recursos en las siguientes categorías:

- A. Recursos materiales, o materia prima, componentes o semielaborados y consumibles en general.
- B. Recursos humanos, es decir, el empleo de mano de obra directa, que es aquella que físicamente elabora el producto, así como de mano de obra indirecta, que es la que interviene en la dirección, supervisión y control de los procesos productivos.
- C. Recursos de capital, que corresponden a la utilización de la nave industrial, maquinarias, útiles y herramientas en general, o sea toda la infraestructura necesaria para materializar los procesos productivos.
- D. Recursos energéticos empleados, tales como gas, electricidad, etc.

La producción consistirá en efectuar las operaciones que requiera el producto, lo que a su vez lleva a cabo los procesos productivos correspondientes, integrados por actividades. Por tanto, la gestión de la producción implicara gestionar adecuadamente las operaciones por ello, con frecuencia se identifican ambas cosas, aunque la dirección y gestión de operaciones estaría más relacionada con las actividades desarrolladas en el sistema productivo. (Cuatrecasas, 2016)



Figura 6 Planta 1 donde realizan la producción.

Fuente: (Obtenida por la empresa)



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

La eficiencia de un sistema productivo, es decir un sistema capaz de llevar a cabo una producción , dependerá de que cada uno de los aspectos relacionados con él sea gestionado adecuadamente, en especial, conviene tener en cuenta:

1. **Materiales:** Determinación de la clase, calidad, costos y sobre todo la cantidad, de acuerdo con los planes de producción.
2. **Maquinaria, instalaciones y elemento de capital productivo:** Deberán ser las adecuadas al proceso elegido y a la calidad seleccionada. Además, deberá organizarse al conjunto de proceso productivos a llevar a cabo, de forma que cada elemento de capital productivo esté disponible cuando se precisa y sea utilizada al máximo nivel de ocupación posible.
3. **Mano de obra:** Muchos factores a tener en cuenta en lo que concierne al trabajo y su desarrollo, tendrá relación con los referidos a propósito de los bienes de capital productivo, ya que la operativa de unos y otros están íntimamente vinculada.

La palabra producción hace énfasis a la acción de generar, producir o propagar , pero este término también tiene la capacidad de adoptar distintos significados, de hecho, otro de ellos se le atribuye a la adquisición y/o beneficios de bienes y frutos de la naturaleza por lo tanto la producción forma parte de un proceso complejo que depende de las materias primas, el capital humano y la fuerza de trabajo , así como la capacidad de producción de bienes y servicios a fin de satisfacer las necesidades de las personas según sea la demanda y oferta.

Características de la producción

- Se requiere de 4 factores de producción (Tierra, Trabajo, Capital y Tecnología).
- Por último, se culmina una vez que el producto llega al cliente.
- En la eficiencia del proceso de producción, más que nada depende de los recursos, pero como objetivo transformar la materia prima y brindar valor agregado.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE



Figura 7 Concretera para la producción del concreto Hidráulico.

Fuente: (Obtenida por la empresa)



2.2 Proceso de ventas de Concretos



Figura 8 Proceso de Ventas de Concretos.

Fuente: (Obtenida de la Empresa)



2.2.1 Proceso de Concretos

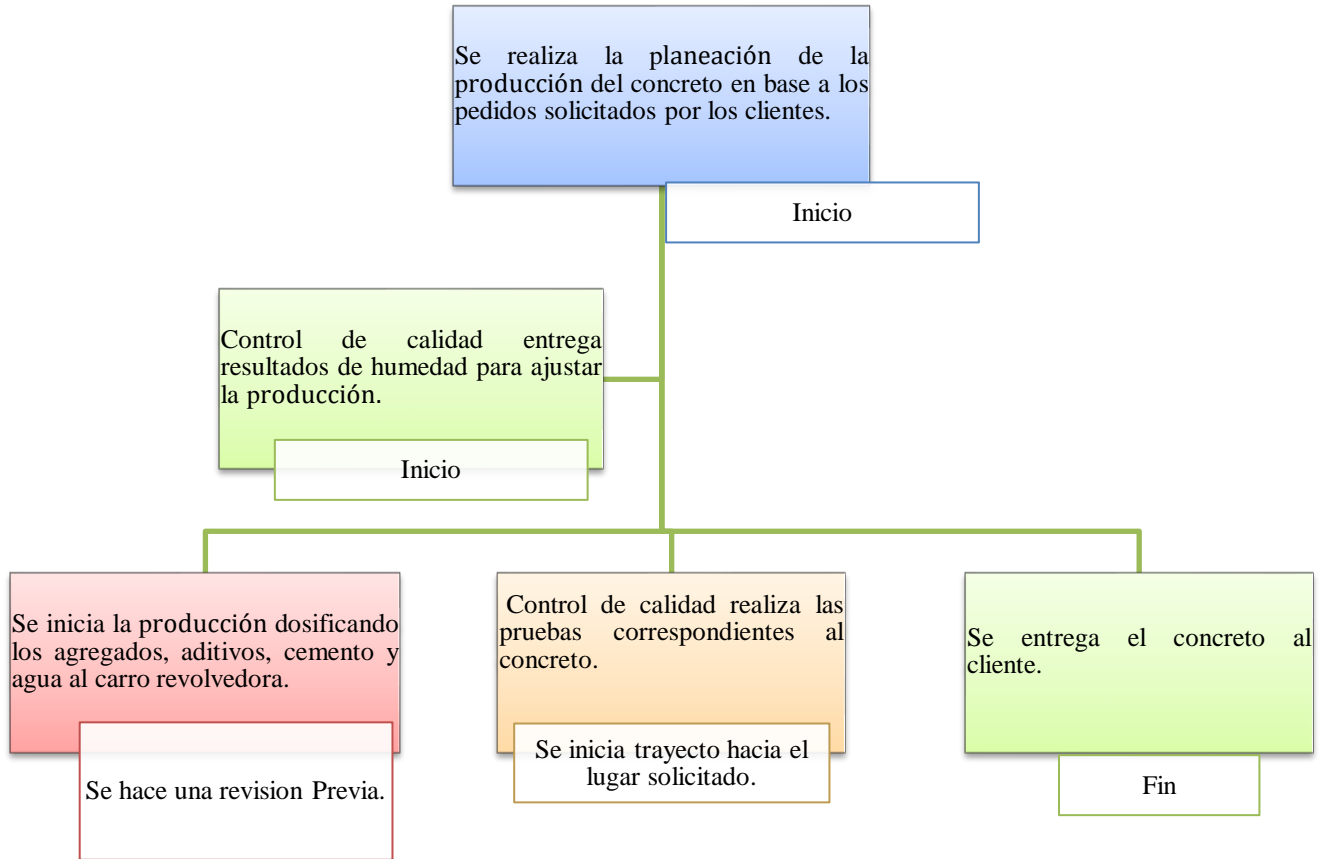


Figura 9 Proceso de Concretos.

Fuente: (Obtenida por la empresa)



2.3 Planeación agregada

La planeación agregada denominada también planeación combinada se refiere a un plan de producción a mediano plazo, hasta aproximadamente 12 meses hacia futuro, que busca satisfacer la demanda agregada de un grupo de productos. La planeación consiste en determinar objetivos y formular políticas, procedimientos y métodos para lograrlos. Mientras que el término agregada se refiere a que esta planeación se realiza para una sola medida general de producción, o para algunas categorías de productos acumulados. (Schmalbach & Quesada Ibarguen, 2009)



Figura 10 Horizonte de la planeación agregada.

Fuente: (Gestiopolis, 2022)

Los objetivos básicos que busca la planeación agregada son: minimizar costos de mano de obra, minimizar perjuicios por posesión de inventarios, maximizar el cumplimiento de pedidos, minimizar el uso de tiempo extra e incurrir en tiempo ocioso. Para lograr dichos objetivos la planeación agregada debe evaluar las opciones de decisión, que pueden basarse en las variables que modifican la oferta: Contratación, despedidos, uso de mano de obra temporal, uso de inventarios, subcontratistas, uso de tiempo extra, y/o en las variables que modifican la demanda: Precios, publicidad, desarrollo de productos complementarios.

La planeación agregada es uno de los aspectos en que los investigadores de operaciones, más tiempo y recursos han invertido a través del tiempo, ya que esta se considera de gran



importancia para la toma de decisiones. La planeación agregada se lleva a cabo para satisfacer la demanda total de todos los productos que comparte los mismos recursos de una instalación, una máquina, un operador. El término agregado, en este nivel de planeación, implica que cantidades se deben producir para establecer de manera global o para una medida general de producción. (Vega & Altamar, 2009)



Figura 11 Plan Agregado.

Fuente: (Vega, 2009)

La palabra agregada denominada también planeación se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental, en establecer los niveles de producción en unidades agregadas a largo de un horizonte de tiempo que generalmente fluctúa entre 3 y 18 meses.

Esta agregación se hace debido a que las variaciones en el pronóstico son relativamente menores cuando se agrupan los productos y el tiempo. (Heizer, 2004)



La agregación se hace:

- A nivel de tiempos, considerando plazos relativamente largos: meses, bimestres, cuatrimestres, semestres.
- A nivel de productos agrupando los productos en familia.

El objetivo es determinar las cantidades de producción y los niveles requeridos de recursos para alcanzar esas metas de producción. El problema es cumplir tanto como sea posible la demanda esperada balanceando, los impactos por los cambios de los niveles de producción inventario. (Espinal, 2003)

- **Bottom-up:** Se tienen pronósticos individuales de demanda para cada artículo y se “agregan” para la revisión de la capacidad.
- **Top-Down:** Se define una estructura de agregación, se trabaja con los pronósticos agregados y con ellos se revisa la capacidad.



Figura 12 Información básica de la planeación.

Fuente: (Propia)



Es importante considerar que el plan agregado después se debe “desagregar” para construir el Plan Maestro de Producción, donde ya se define la producción para cada artículo en específico y en periodos relativamente cortos en semanas, meses. Ya que el **enfoque bottom-up** es más directo, pero requiere más trabajo y el enfoque **Top-Down** es más rápido, pero la desagregación puede ser confusa e inexacta.

En el **enfoque Top-Down** es necesario:

- ✓ Agrupar los productos en familias y encontrar un producto representativo para todos los productos de la familia.
- ✓ Definir el número de recursos necesarios para producir una unidad de este producto agregado.
- ✓ Definir los costos asociados a este producto agregado.

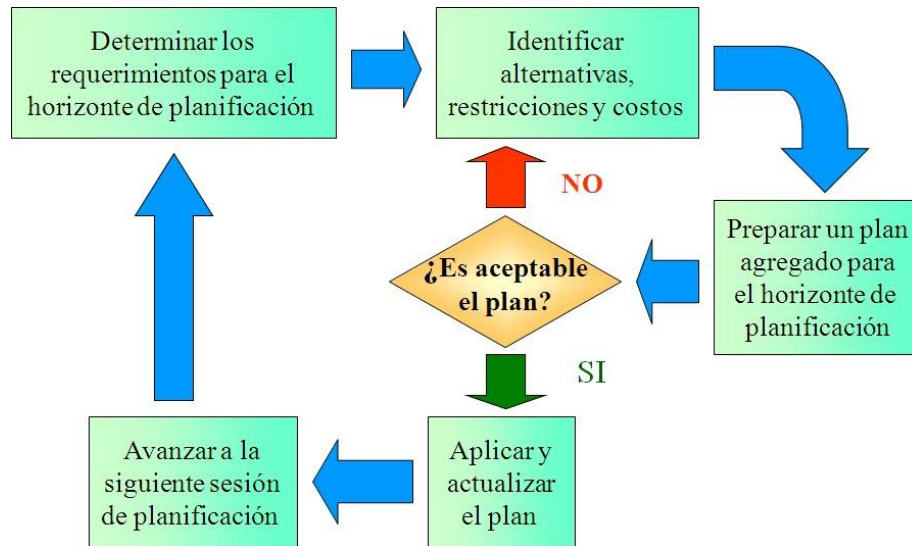


Figura 13 Procedimiento de un plan agregado.

Fuente: (Gestión táctica de las operaciones, 2012).



2.3.1 Ventajas y desventajas

Ventajas de planeación agregada

- **Analizamos los pasos a profundidad:** Se debe tener en cuenta la capacidad de producción total de la empresa y la demanda, el cual se establecerá los planes de acción de gracias teniendo en cuenta los costos, Trabajadores y el desarrollo de la producción.
- **Planeación de la Producción:** En este punto se analizará la demanda que tiene como ventaja una mejor planificación en la producción, a través de la planeación se establece las horas de trabajo y otros aspectos como la materia prima.
- **Los costos Generales:** Se debe conocer la importancia de la teoría de costos y producción que emplean métodos como la planificación de producción agregada. Este método se basa en la demanda para establecer los planes de acción, el cual tiene como consecuencia un bajo costo, puesto que se empleará al personal y la materia prima requerida.

Desventajas de planeación agregada

- ✓ **Con lleva Gastos Extras:** Una planificación conlleva gastos extras. Por ejemplo : Capacitación, mejora en la infraestructura y demás factores para lograr llegar a los objetivos.
- ✓ **Cuando la demanda no estable:** En este punto el plan de producción agregada contempla de manera directa la demanda del producto. Cuando la demanda de un producto o servicio está alejada de los parámetros establecidos, esto conlleva perdidas, tanto si la demanda es mayor o menor.
- ✓ **Analizar la naturaleza del:** Esto no es propiamente la desventaja ya que se debe tener en cuenta la naturaleza de dicho negocio.



2.3.2 Estrategias de planeación agregada

La planeación agregada de la producción es uno de los aspectos en los que los investigadores de operaciones, más tiempo y recursos han invertido a través del tiempo. Por muchos años se han desarrollado infinidad de modelos basados en programación lineal, que tratan de capturar los aspectos más relevantes como mano de obra, costos e inventarios. Los modelos matemáticos de planeación agregada de producción son útiles para el encaminamiento de la toma de decisiones administrativas como por ejemplo la ampliación de capacidad de una planta. La estrategia de planeación agregada denominada también planeación combinada, se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental, establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo de horizonte en tiempo que, generalmente, fluctúa entre 3 y 18 meses, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente. (Aristizabal, 2003)



Figura 14 Planeación Agregada.

Fuente: (Zuluaga, 2008)



La importancia de la planeación agregada se encuentra en la relación existente entre la oferta y demanda, la producción a mediano plazo hasta un aproximado de doce meses a futuro. El termino agregado implica que esta planeación se realiza para una sola medida en general de producción y en dado caso, en algunas categorías de productos acumulados. (Sanchez, Niñez Carballosa , & Guitart Tarres, 2015)

La planeación estratégica es la etapa dentro del proceso de planeación en donde se establecen objetivos, metas y planes a largo plazo para toda la empresa en lo cual la planeación agregada tiene un alcance establecido en límite de tiempo como a nivel de productividad. La planeación y programación de operaciones se centra en el volumen, en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos en la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. (Luque & Domiguez, 2002)

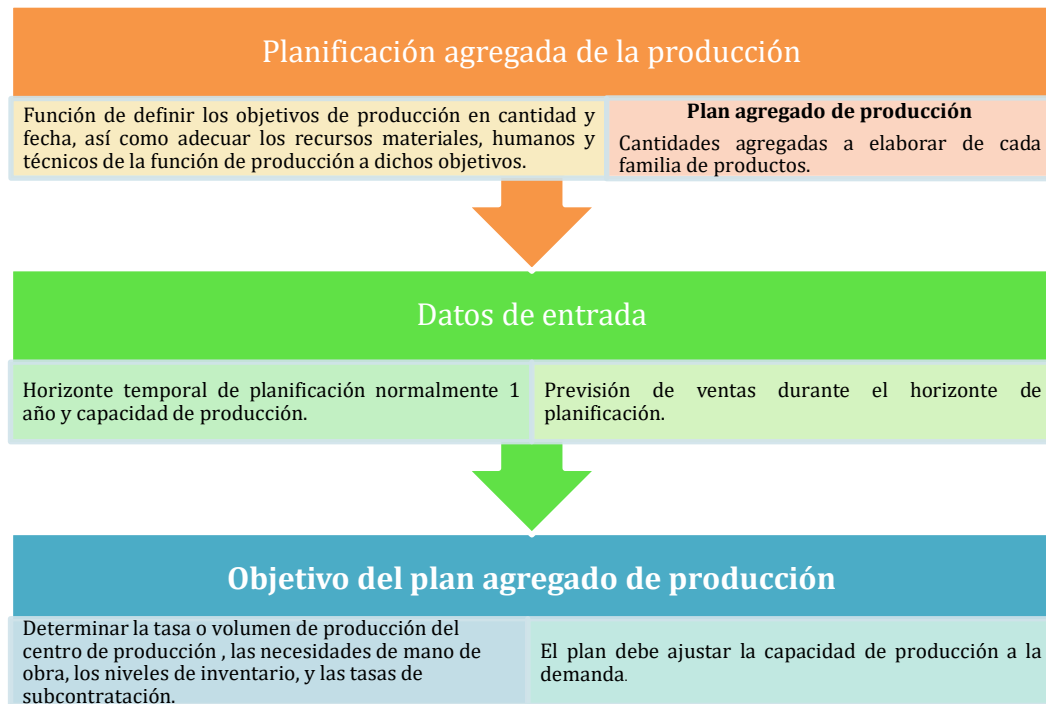


Figura 15 Planeación Agregada de la producción.

Fuente: (Domínguez, 2002)



Puede definirse como un plan de producción a mediano plazo, que es factible desde el punto de vista de la capacidad, que permiten lograr el plan estratégico de la forma más eficaz posible en relación con los objetivos tácticos del subsistema de operaciones.

Este método considera la combinación de una serie de variables como la producción proyectada, el empleo, el abastecimiento, la subcontratación entre otros, que pueden planificar para un periodo entre 9 y 12 meses. Se trata de una actividad operativa fundamental para una compañía, que busca alcanzar un equilibrio entre la planificación estratégica a largo plazo y la producción a corto plazo. Los planes deficientes afectan el futuro de las organizaciones. (Quintero S. , 2004)

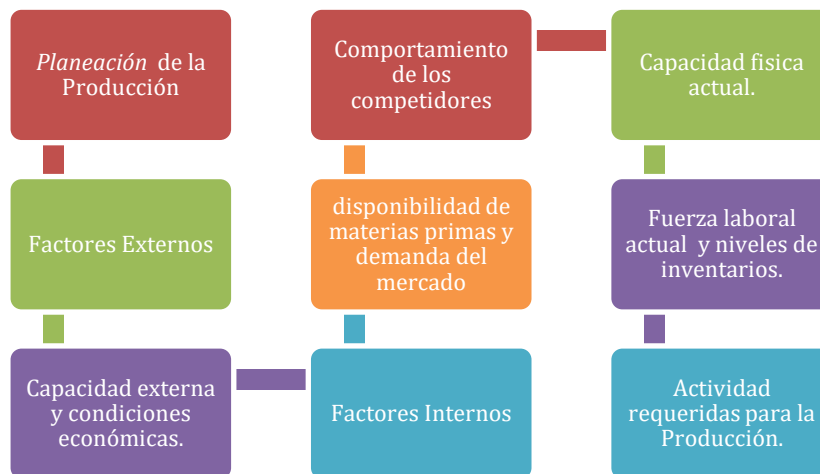


Figura 16 Información del sistema de planeación en producción.

Fuente: (Stoner, 2005)

Antes de un proceso de planificación agregada es importante considerar algunos factores críticos:

- Contar con la información completa acerca de las instalaciones de producción disponible, así como la materia prima.



- Efectuar una proyección o pronóstico de la demanda que atenderá la empresa durante el periodo.
- Realizar la planificación financiera que compromete el costo de producción ,la materia prima, mano de obra.

Estrategias de planeación agregada

Existen 3 tipos de estrategias de planeación agregada disponibles:

- **Estrategia de nivelación:**
Busca mantener un ritmo de producción y fuerza de trabajo en nivel constante ya que la estrategia de la organización requiere la previsión de la demanda para aumentar o disminuir la producción en función de reducciones o incrementos en la demanda de los clientes.
- **Estrategia de persecución:**
Se trata de encajar, en forma dinámica, la demanda con la producción, se modifica el nivel de la fuerza de trabajo como la tasa de producción.
- **Estrategia híbrida o mixta:**
Busca un equilibrio entre la estrategia de nivelación y la estrategia de persecución.

Por lo tanto, la planeación agregada, tiene un alcance establecido, tanto en límite de tiempo , como a nivel de productividad el cual deberá abarcar un tiempo no mayor de un año, al igual que solo se aplica una sola medida general de producción, para algunas categorías de productos.

La planeación agregada sirve como eslabón entre las decisiones sobre las instalaciones y la programación. La decisión de la planeación agregada establece niveles de producción generales a mediano plazo, es por ello que se hace necesario que en la empresa se implemente dichos procesos, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. (Delgado, Ortega, & Salazar, 2002)



2.3.3 Costos operativos

Almaguer. (2009) en el Diccionario de Contabilidad y Auditoría define el costo como la suma de los gastos fijos y variables, contenidos en un producto o servicio de toda naturaleza expresados monetariamente, que se aplican a una producción o servicios determinados, siendo uno de los elementos necesarios en el análisis de la eficiencia a nivel de empresa y unidades empresariales de base.

Los costos operativos en una empresa incluyen los gastos relacionados con el funcionamiento de una organización, tales como materiales, salarios en los empleados, impuestos entre otras necesidades diversas.

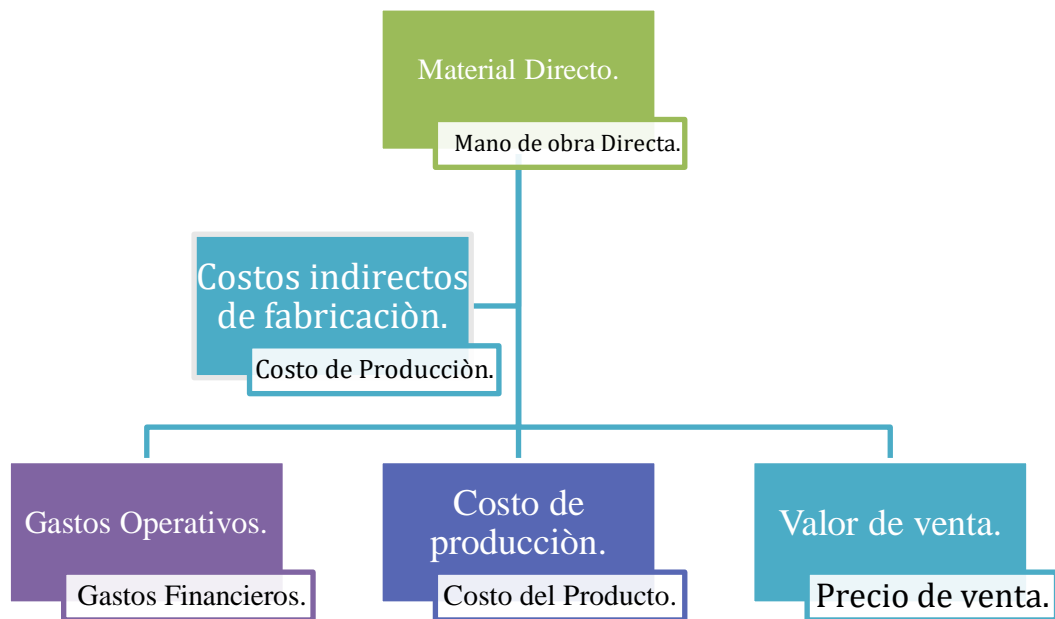


Figura 17 Calculo de costos.

Fuente: (Google, 2022)

El costo operativo de una empresa es la suma de todas las cantidades que deben pagarse para mantenerla en funcionamiento. Estos gastos deben ser desembolsados incluso si la empresa



no realiza ninguna venta en el mes, por ejemplo cada tipo de negocio y área de actividad tiene sus propias características para definir los costes logísticos. (Newtòn, 2008)

Características de los costos operativos:

1. **Actividad productiva:** Para llevar a cabo su actividad principal, la empresa incurre en costos, derivados de la adquisición de materia prima y compras de mercaderías.
2. **Servicios públicos:** Costos como la contratación del servicio eléctrico o la conexión a Internet.
3. **Infraestructura:** La adquisición por compras o alquiler de maquinaria, inmuebles o herramientas.
4. **Periodicidad:** Los costos operativos pueden llegar a registrarse como costos fijos y variables.
5. **Carácter laboral:** Están relacionados con la contratación de personal, y algunas retribuciones extra que dan las empresas, como formación profesional o salarios.
6. **Durabilidad:** Son operativos aquellos gastos rutinarios, que dependerán del tiempo que dure la actividad que se está desarrollando.

Tipos de costos operativos

Para que la empresa sea viable, es importante tener identificados los costos operativos, conocer su volumen y saber cuál es su rentabilidad de la organización para conseguir los beneficios deseados. (Anthony, 2004)

En este sentido, se consideran costos de operación:

- Costos de venta.
- Gastos o costos administrativos.
- Costos financieros.



Sin ellos, no se podría alcanzar el plan de la empresa. Por ello, la siguiente fórmula será de mucha utilidad para su cálculo:

$$\text{Costos de operacion} = \text{costos de ventas} + \text{costos administrativos} + \text{costos financieros} + \text{otros costos.}$$

Figura 18 Costos de Operación.

Fuente: (Propia)

Principales costos operativos de una empresa

- Materiales, equipos y productos.
- Contratación, formación y despido de empleados.
- Retribución a la dirección y a los empleados.
- Gastos de logística (stock, almacenamiento y transporte).
- Servicios de oficina y contabilidad.
- Alquiler de inmuebles y cuentas de consumo respectivas (luz, agua, internet, etc.)

Los costos por contratar y despedir trabajadores deben reflejar el impacto más allá del efecto económico de corto plazo. Por ejemplo, una rotación muy alta de personal tiene efectos en la imagen de la empresa, la incorporación de mano de obra calificada y pérdida de inversión en entrenamiento y capacitación. (Anthony, 2004)

El costo de producción, es la magnitud de los recursos materiales, laborales y monetarios necesarios para alcanzar un cierto volumen de producción con la calidad requerida. Está constituido por el conjunto de los gastos relacionados con la utilización de los medios inmobiliarios, las materias primas y materiales, el combustible, la energía y la fuerza de trabajo en el proceso de producción, así como otros gastos relacionados con el proceso de fabricación y venta de la producción, expresados todos en términos monetarios.



Costo de la Fuerza de Trabajo: El costo promedio de emplear un trabajador de producción para un período de producción regular.

Costo de Producción: El costo asociado con cada unidad de producción agregada (no incluir el costo de la fuerza de trabajo, aunque en algunos casos se hace). Costo de materia prima, inventario en proceso, etc.

Costo de Inventario: La pérdida de oportunidad resultante de invertir dinero en inventarios de producto terminado + el costo de espacio en el cual se almacena el producto terminado.

Costo de Contratación: El costo de incrementar la fuerza de trabajo por una persona (costo de departamento de personal, costos de entrenamiento).

Costo de Despido: El costo asociado con reducir la fuerza de trabajo por una persona.

Costo de Agotamiento o Faltante: Las pérdidas resultantes de fallar en la satisfacción de la demanda por el producto.

Costo de Tiempo Extra: El costo de producir una unidad en tiempo extra.

Costo de Tiempo Muerto: El costo asociado con pagar un trabajo cuando la instalación está trabajando a menos del 100 % de su capacidad.

Costo de Subcontrato: El costo total por unidad si la producción es subcontratada a una fuente externa.

Tasa de producción por unidad de fuerza de trabajo: Es el número de unidades agregadas producidas por un trabajador en un período de planeación.

Los costos operativos negocio de manera más detallada, los costos empresariales involucran lo siguiente:

Actividad productiva: Todos los gastos relacionados con la actividad principal, como la materia prima y otros gastos de mercadería.



Infraestructura: Aquí entran los bienes muebles e inmuebles que se involucran directamente con la actividad de nuestro negocio, como la compra o alquiler de edificios, plantas, maquinaria o herramientas. Además, de que se incluyen los costos por reparación.

Servicios básicos: Todos los servicios como agua, electricidad, gas o conexión a Internet, siempre y cuando tengan incidencia en la actividad productiva principal.

Recurso humano: Todos los costos relacionados con la contratación de personal y retribución, esto incluye cosas como el pago de salarios y la formación profesional.

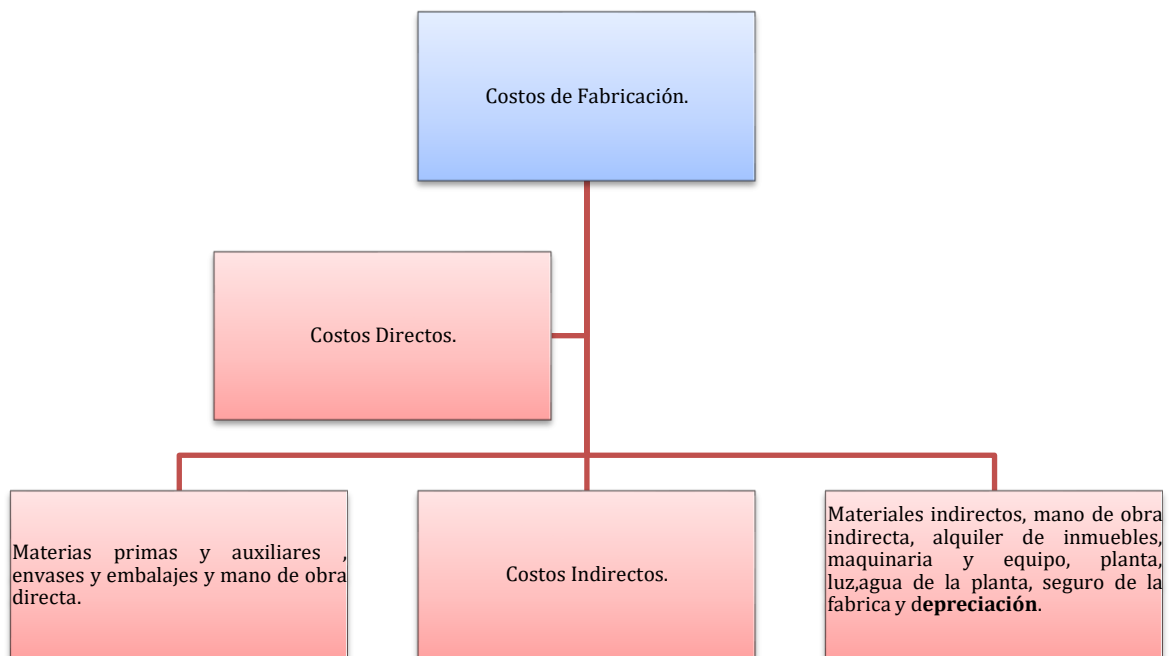


Figura 19 Costos de Operación.

Fuente: (Prezi, 2016)



2.4 Modelos de pronósticos

Los pronósticos son una parte muy importante en la planeación de las empresas e instituciones ya que todos los departamentos de estas elaboran sus planes operativos, objetivos, presupuestos y programas basados en ellos. Por lo antes señalado es fácil darse cuenta de la gran importancia que tienen los pronósticos en la etapa de planeación de todos los negocios. Todos los modelos existentes de pronósticos se basan en datos históricos de la variable que se va a pronosticar para obtener de ellos proyecciones hacia el futuro.

Así por ejemplo el departamento de ventas y mercadotecnia necesita un pronóstico de ventas para fijar sus objetivos y planes. Del mismo modo las secciones de producción y mantenimiento diseñaran sus planes y programas de adquisición de materias primas, contrataciones de personal y mantenimiento preventivo de la maquinaria apoyados en un pronóstico de las cantidades y los tiempos de producción. Por su parte los departamentos contable y financiero elaboraran sus presupuestos y flujos de efectivos basados en un pronóstico sobre los ingresos y egresos para el siguiente periodo. (Izar Landeta, 2000)

Los pronósticos son una de las herramientas fundamentales para la toma de decisiones dentro de las organizaciones tanto productivas como sin fines de logro de algunas de las áreas en donde se utilizan pronósticos en la industria son la planeación y control de inventarios, producción, finanzas, ventas , comercialización, entre muchas otras.

Los modelos de pronósticos son modelos estadísticos para pronosticar el futuro, estos sirven para detectar situaciones futuras y hacer proyecciones con base en la información analizada. Los modelos de pronósticos se pueden usar con diferentes propósitos , en diferentes ciencias y con distintas técnicas. El trabajo de los consultorios estadísticos es ayudar a implementar los modelos adecuados al tipo de información disponible . (Lopez, 2002)

Los pronósticos de venta sirven como control para mejorar las condiciones administrativas y alcanzar los objetivos de venta .Sin duda, desde la proyección pueden surgir metas más reales a las condiciones generales.



Clasificación de los modelos de pronósticos.

Hay 2 maneras más usuales de clasificar los modelos de pronósticos , las cuales son las siguientes:

1. Según el plazo de tiempo para el cual se utilizan, pudieron ser de corto , mediano o largo plazo.
2. Según el tipo de modelo , los que pueden ser cualitativos y cuantitativos , los que a su vez subdividen al esquema de la figura 20.

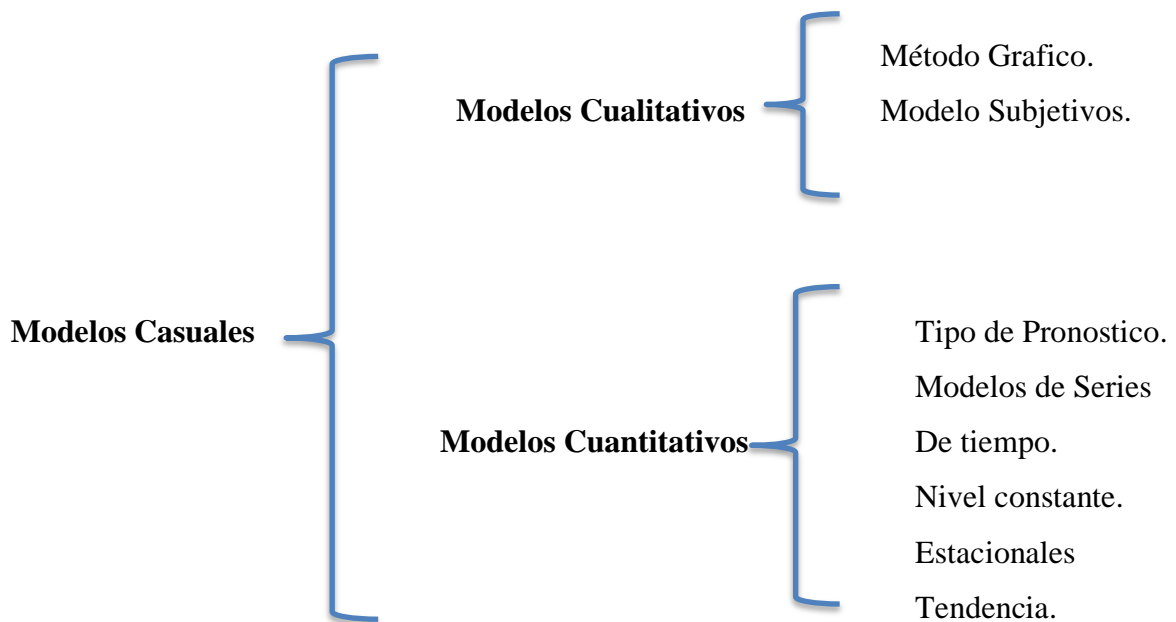


Figura 20 Clasificación de los Modelos de Pronósticos según su tipo.

Fuente: (Elaboración Propia)

Métodos Cuantitativos de pronóstico

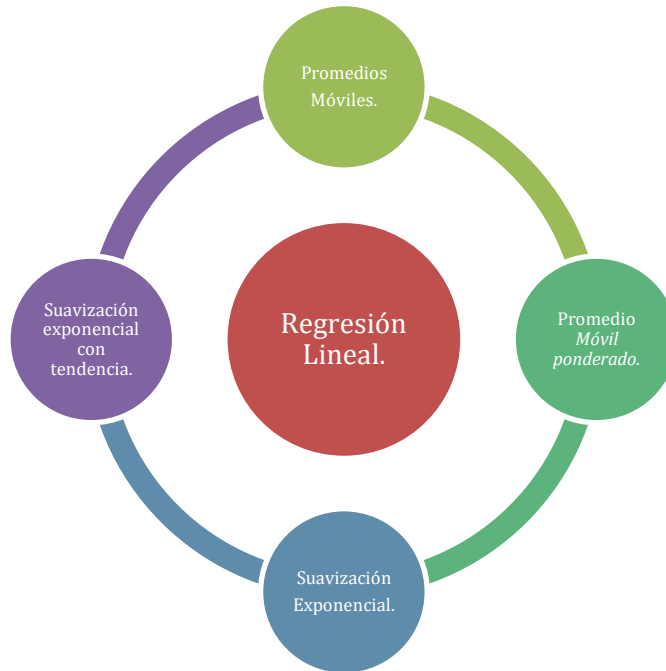


Figura 21 Modelos Pronóstico.

Fuente:(Chapman , 2006)

Los pronósticos se emplean en el proceso de establecimiento de objetivos tanto de largo como de corto plazo, constituyéndose así en bases para el desarrollo de planes, a nivel general y en las distintas áreas o unidades. Los planes basados en dichos pronósticos , no solo atenderán a ellos sino que establecerán estrategias y acciones que los pueden contrarrestar, corregir o impulsar. Por ejemplo , si el pronóstico de ventas para el siguiente ejercicio fiscal muestra una tendencia desfavorable, entonces el plan estratégico de ventas deberá encaminarse a revertir dicha tendencia a través de acciones que impulsen el crecimiento o que no permitan que las ventas decaigan. (Chapman, 2006)

Usos de los pronósticos en la empresa.

En el área de producción se hacen pronósticos sobre el costo y la disponibilidad de la materia prima, el costo y la disponibilidad de la mano de obra, cuando se requerirá mantenimiento para los equipos , cuál será la capacidad de planta necesaria para atender la demanda. (Hanna, 2006)

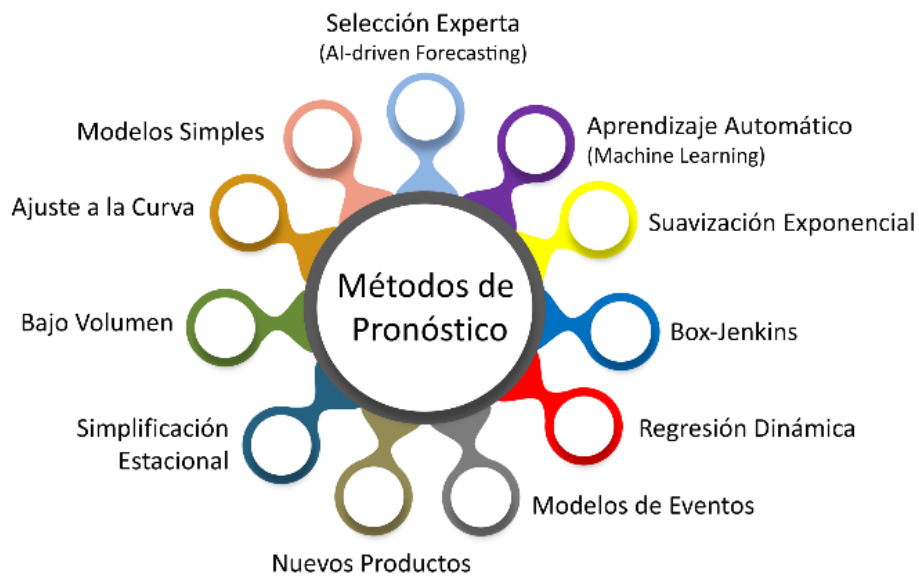


Figura 22 Métodos de Pronósticos.

Fuente: (Pronostico Experto, 2022)

Clasificación de los modelos de pronósticos

Según el marco de tiempo al que atienden se clasifican en:

- **De corto plazo:** Se usan para diseñar estrategias inmediatas , son empleados entre mandos medios y gerencias de primera línea.
- **De mediano plazo:** Conjunta a corto y largo plazo , para decisiones de todos los niveles.



- **Pronósticos de largo plazo:** Requeridos para establecer el rumbo general de la organización, generalmente se hacen para que la alta dirección los use en los procesos de planeación estratégica.

Beneficios de los modelos de pronósticos en las empresas.

Los pronósticos son herramientas para tomar decisiones altamente productivas de acuerdo a la prevención del futuro. El propósito de los pronósticos es tener mayor control de la planificación. Inclusive los estándares utilizados para los pronósticos más adelante podrán ser evaluados para medir el desarrollo de los objetivos. (Vazquez, 2014)

Los pronósticos sirven para prepararse en los momentos cruciales que se proyectan. Por ejemplo, para la formulación de proyectos se utilizan modelos de pronósticos para hacer estudios de factibilidad de los proyectos. También para hacer la proyección del mercado y la participación en el mismo. Los modelos de pronósticos se han desarrollado para factores ambientales como el estado del clima y también para la economía.



Economicos

A menudo los que dependen de este tipo de pronósticos son los encargados de la Planeación estratégica de grandes organizaciones.

Sin embargo, no siempre corresponde a las actividades empresariales relativas a productos o servicios particulares.



De las ventas

Es la base principal de la planeación de un negocio.

La Organización necesita un pronóstico de ventas seguro para poder capitalizar las nuevas oportunidades en forma agresiva.



De la tecnología

Predicen los tipos de cambios que ocurrirán.

Posibilitan a la empresa a adaptarse a los nuevos avances científicos.

Figura 23 Beneficios de los modelos de pronósticos en las empresas.

Fuente: (Elaboración Propia)

En general , los pronósticos se basan en datos históricos de las variables que tienen mayor impacto sobre una actividad. Es necesario identificar las relaciones entre las variables para visualizar la proyección futura de la variable deseada.

Modelos objetivos o Cuantitativos:

Los métodos cuantitativos abarcan el estudio de variables dependientes o que tienen efectos sobre otras variables. Para utilizar modelos cuantitativos es necesario aplicar cálculos matemáticos con los factores más importantes del estudio. (Lopez, 2002)

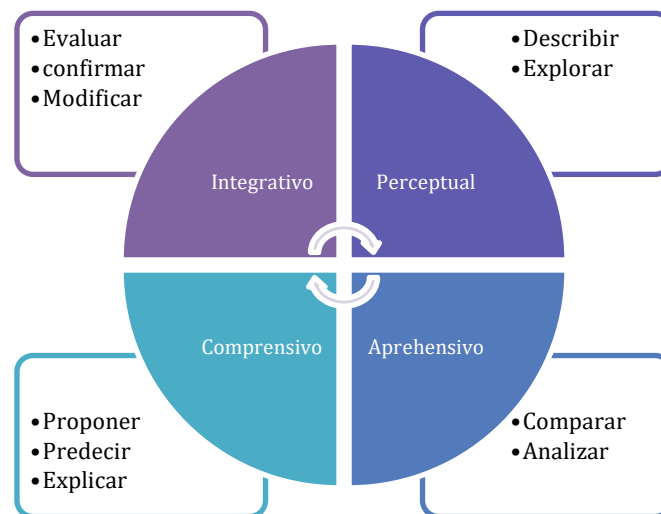


Figura 24 Modelos Objetivos o Cuantitativos.

Fuente: (López, 2022)

- ❖ Análisis cíclicos y de series de tiempo.
- ❖ Modelos de regresión.
- ❖ Promedios móviles.
- ❖ Modelos econométricos.
- ❖ Suavización exponencial.
- ❖ Modelos de simulación.
- ❖ Métodos de descomposición.

Modelos subjetivos o cualitativos.

Los métodos cualitativos pueden ser diferentes de explicar numéricamente y se enfocan en el estudio de características. Estos pronósticos pueden componerse de las opiniones o el consenso de ideas de expertos. Por lo tanto, los datos se procesan de una manera específica bajo premisas. (Vazquez, 2014)

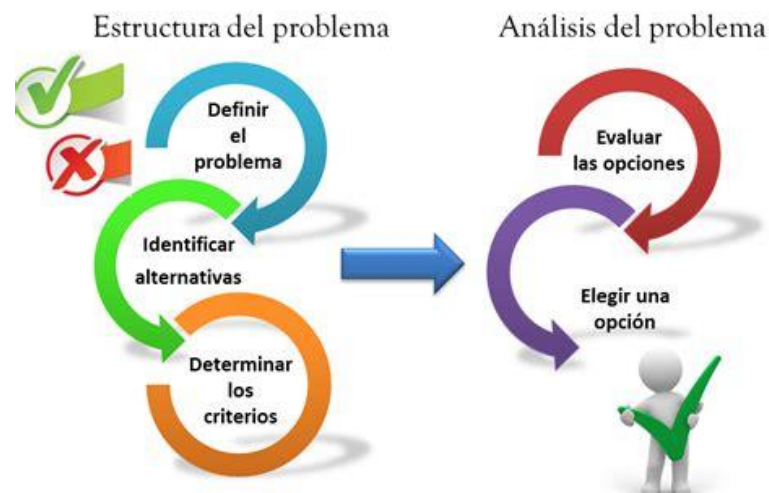


Figura 25 Modelos Subjetivos o Cualitativos.

Fuente: (Ledesma, 2014)

- ❖ Panel de expertos o métodos Delphi.
- ❖ Analogía histórica o de estudios anteriores.
- ❖ Encuestas de satisfacción.
- ❖ Investigación de mercados.
- ❖ Evaluación de clientes.
- ❖ Análisis de un grupo de expertos.



2.4.1 Promedio móvil

La media móvil es un indicador que nos habla del promedio de precios del activo en cuestión en un determinado periodo de tiempo por lo tanto, los analistas suelen decir que es un indicador que analiza los precios. Con el cálculo del promedio móvil, los especialistas buscan suavizar los datos de precio de un determinado activo. (Hanna, 2006)

Promedio Móvil Simple:

$$\frac{\text{Suma de demandas para los últimos } N \text{ periodos}}{\neq \text{ de periodos usados en el pro. Movil}}$$

$$\frac{D_t + d_{t+1} + \dots + d_{t-(n-1)}}{N}$$

Donde:

D_t= Demanda periodo actual.

D_{t+1} = Demanda periodo anterior.

D_{t-(N-1)} = Demanda en el último periodo para el cual el promedio móvil es calculado.

N= Numero de periodos usados.

Figura 26 Promedio Móvil.

Fuente: (Gestión de Operaciones 2022)

¿Cómo se calcula la media Móvil?

Existen dos tipos diferentes de promedio móvil. Cada uno de ellos ofrecen distintos niveles de complejidad y su uso está determinado por los objetivos del analista.



Promedio Móvil simple (SMA)

Si queremos calcular de forma sencilla el promedio de precio de un determinado activo, la media móvil simple es la mejor herramienta. Su cálculo no se diferencia del que se utiliza habitualmente para el cálculo estadístico.

P= Promedio en periodo.

N= Cantidad de periodos.

$$SMA = \frac{P1 + P2 + P3 + PN}{N}$$

Promedio Móvil Exponencial (EMA)

Esta media móvil, a diferencia del simple, tiene un mayor nivel de complejidad. Se trata de un indicador ponderado. Esto significa que le asigna un mayor peso en el cálculo a los precios más recientes.

$$EMAt = (vt \times \left(\frac{S}{1+d}\right)) + EMAt + \left(\frac{S}{1+D}\right)$$

Referencias:

- **EMAt** = Promedio móvil hoy.
- **Vt** = valor hoy.
- **EMAT** = Ema ayer.
- **S** = factor suavizado.
- **D** = Número de días.

Figura 27 Promedio Móvil Exponencial.

Fuente: (Gestión de Operaciones, 2022)



¿Qué es un promedio móvil?

Un promedio móvil es el cálculo utilizado para analizar un conjunto de datos en modo de puntos para crear series de promedios. Así el promedio móvil es una lista de números en el cual cada uno es el promedio de un subconjunto de datos originales. (Wichern, 2010)

Por ejemplo , si tienes un promedio móvil de 100 datos el primer valor de la serie de promedios móviles podría ser el promedio de los primeros 25 términos , luego el promedio de los términos 2 al 26 , el tercer elemento de los términos 3 al 27 y así , hasta por el ultimo el promedio de los últimos 25 números del 76 al 100.

Los promedios móviles se consideran indicadores rezagados , al estar contruidos con información histórica. Existen varias clasificaciones dependiendo de la metodología empleada para su cálculo, pero destacan dos:

Promedio Móvil Simple (SMA)

Como su nombre lo indica, se calcula como la suma de precios de cierre de N periodos dividido entre el número de estos. Por ejemplo , la suma de los últimos 20 precios de cierre dividido entre 20.



Figura 28 Promedio Móvil Simple. (SMA)

Fuente: (Prezi, 2022)



Promedio Exponencial (EMA)

En su cálculo se les da mayor peso a las observaciones más recientes.



Figura 29 Promedio Móvil Exponencial. (EMA)

Fuente: (Manuel Ángel, 2022)

Un pronóstico tiene como objetivo el reducir la incertidumbre sobre el futuro de una organización, mediante la anticipación de sucesos cuya probabilidad de ocurrencia sea relativamente alta, además de servir como apoyo en la toma de decisiones. Si el pronóstico se hace de forma descuidada, existirá el riesgo de una mala definición y planificación de la demanda.

Promedio simple (SA)

$$= \frac{\text{Suma de demandas para todos los periodos pasados}}{\text{Numero de periodos de la demanda}}$$

$$= \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-(N-1)}}{N}$$

Donde:

D t = Demanda periodo actual.



D_{t+1} = Demanda periodo anterior.

$D_{t-(N-1)}$ = Demanda en último periodo la cual está disponible.

N = Total número de periodos.

Figura 30 Promedio Simple.

Fuente: (Gestión de Operaciones, 2022)

Características del Promedio Móvil

Entre las características más importantes, se encuentran:

- Este promedio se usa para lograr estimar los valores futuros enfocados en los datos históricos.
- Existe una gran cantidad de técnicas, en ese caso las empresas tendrán que tomar la decisión de escoger alguna de ellas para realizar el pronóstico, caso de que ya la hayan aplicado en casos concretos.
- Es un método que proyecta valores durante el período de pronósticos, enfocándose en el valor promedio de la variable que se calcula durante una cantidad específica de períodos anteriores.
- Una media móvil facilita información que tienden a enmascarar por una simple media, los demás datos históricos.
- Mientras sea menor el número de períodos que se usan para el promedio móvil, su pronóstico podrá responder con mayor rapidez cualquier cambio que se presente en los datos históricos.

Ventajas del Promedio Móvil

Este tipo de promedio contiene una serie de ventajas y desventajas que se deben tener en cuenta, algunas de ellas son:



- Permite la aproximación del futuro, lo que puede llegar a facilitar la toma de decisiones.
- Los pronósticos planificados tienen mucho más valor y exactitud.

Desventajas del Promedio Móvil

- Solamente pueden llegar a pronosticar un período más.
- Suelen ser simplificaciones reales y no garantizan las variables influyentes en el futuro de los pronósticos que se encuentren incluidos en el modelo de dicho pronóstico.

¿Para qué se utilizan los Promedios Móviles?

Los promedios móviles se deben calcular después de las observaciones consecutivas de los subgrupos artificiales. Estos se pueden utilizar en las gráficas de control para crear gráficas de promedios para los datos en determinados tiempos programados. (Pacheco, 2022)

Este método se utiliza cuando se le quiere dar mayor importancia a un grupo de datos recientes y lograr obtener la previsión. Cada uno de los puntos de una medida móvil referente a una serie temporal, se refiere a la media aritmética de una cantidad de puntos consecutivos.

Clasificación de los Promedios Móviles

Estas medidas pueden ser capaces de utilizar precios abiertos, cerrados, altos y bajos, como una referencia y de esa forma lograr suavizar los datos de los precios. Existen diversos tipos de promedios móviles, estos son:



Figura 31 Promedio Móviles.

Fuente: (Pacheco , 2022)

Promedio móvil simple

Esta técnica se usa cuando se desea darle mayor importancia a un conjunto de datos recientes y de esa manera lograr obtener un pronóstico. Ese pronóstico se puede adquirir en el cálculo de la media aritmética del conjunto de datos que se haya seleccionado recientemente. Cada vez que se adquiriera una nueva observación, esta se debe agregar al conjunto de datos y se elimina la observación que tenga más antigüedad. (Pacheco, 2022)



Figura 32 Promedio Móvil Simple.

Fuente: (Pacheco , 2022)



El número de datos más reciente que se debe considerar en el conjunto de observaciones, de donde se realizan los cálculos de la media aritmética, la decide el analista que desarrolla el pronóstico.

Promedio móvil ponderado

Las medias móviles pueden llegar a ver el precio medio de un instrumento económico durante un determinado período de tiempo específico. A pesar de esto, hay diversos tipos de medias móviles. (Hanna, 2006)

En general se difiere que los diversos puntos de datos se pueden ponderar o asignar a un punto concreto de gran importancia. La media móvil ponderado tiene la capacidad de agregarle importancia a los puntos de datos que estén más recientes.



Figura 33 Promedio Móvil Ponderado (WMA)

Fuente: (Prezi, 2022)

Dentro del período estipulado, a cada uno de los puntos se le asignará un multiplicador de datos reciente para que luego vaya descendiendo ordenadamente. Después cuando se le añade al principio un nuevo punto, se eliminará el punto de datos que contenga mayor antigüedad.

El método de los promedios móviles utiliza el promedio de los k valores de datos más recientes en la serie de tiempo como el pronóstico para el siguiente periodo. El termino móvil



indica que, mientras se dispone de una nueva observación para la serie de tiempo, reemplaza a la observación más antigua de la ecuación anterior y se calcula un promedio nuevo. Como resultado, el promedio cambiará, o se moverá, conforme surgen nuevas observaciones.

Y_t= Observación el periodo t.

F_t= Pronóstico para el periodo t.

2.4.2 Suavizamiento exponencial

La suavización exponencial utiliza un promedio ponderado de valores de series de tiempo pasadas como pronóstico. La fórmula muestra que el pronóstico para el periodo t+1 es un promedio ponderado del valor real en el periodo t y el pronóstico para el periodo t.

Es un caso especial del método de promedios móviles ponderados en el cual seleccionamos solo un peso, el peso para la observación más reciente. Los pesos para los demás valores se calculan de forma automática y se vuelven cada vez más pequeños a medida que las observaciones se alejan en el pasado. Podemos demostrar que el pronóstico de la suavización exponencial para cualquier periodo también es un promedio ponderado de todos los valores reales previos.

El suavizamiento exponencial es una forma de pronosticar la demanda de un artículo para un período dado. Este método estima que la demanda será igual al promedio de los consumos históricos en un período dado, dándole un mayor peso o ponderación a los valores que se encuentren más cercanos en el tiempo.

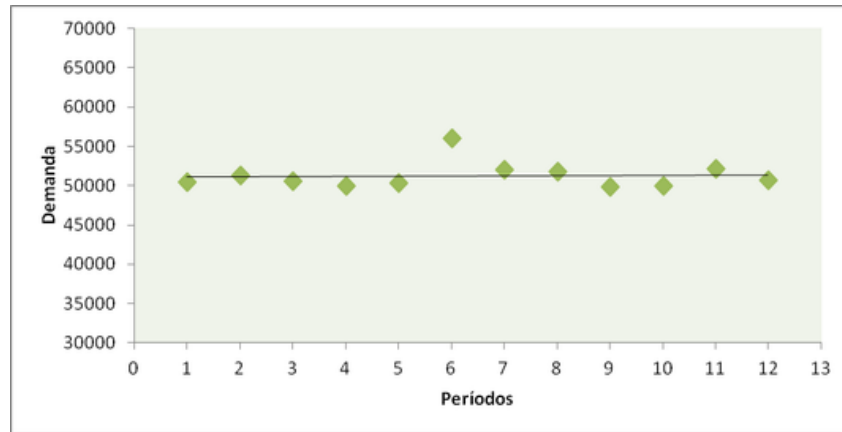


Figura 34 Suavizamiento Exponencial

Fuente: (Guzmán, 2006)

Suavizar es un proceso estadístico muy común. Con frecuencia se encuentran datos suavizados en diversas formas de la vida cotidiana. Cada vez que se usa un promedio para describir algo, se está utilizando un número suavizado. (Guzman, 2006)

Suavizamiento en el pronóstico

Para el pronóstico de la demanda igualmente se utiliza el suavizamiento para eliminar las variaciones de la demanda histórica. Esto permite identificar mejor los patrones de la demanda, que se pueden utilizar para estimar la demanda futura. (Castellano , 2022)

Las variaciones en la demanda es el mismo concepto que el “brinco” de los datos de temperatura. La forma más común en que se eliminan las variaciones del historial de demanda es utilizando un promedio, o específicamente, un promedio móvil.



Figura 35 Suavizamiento en el Pronostico

Fuente: (Castellano, 2022)

El promedio móvil utiliza un número predefinido de períodos para calcular el promedio, y esos períodos se van moviendo a medida que pasa el tiempo.

Por ejemplo, si se utiliza un promedio móvil de cuatro meses y hoy es 1 de mayo, se usará el promedio de la demanda ocurrida en enero, febrero, marzo y abril. El 1 de junio se usará la demanda de febrero, marzo, abril y mayo.

Promedio móvil ponderado

Cuando se usa un promedio simple se aplica la misma importancia a cada valor en el conjunto de datos. Por tanto, en un promedio móvil de cuatro meses, cada mes representa el 25% del promedio móvil. Al utilizar el historial de demanda para proyectar la demanda futura, es lógico llegar a la conclusión que el período más reciente tenga un mayor impacto en el pronóstico. (Pineda, 2003)

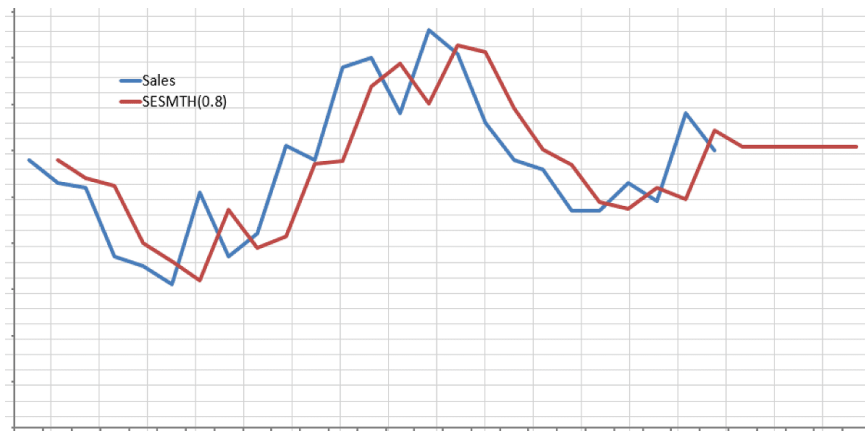


Figura 36 Promedio Móvil Ponderado.

Fuente: (Modelos de Pronósticos, 2022)

Por ejemplo, se puede terminar con una ponderación de 15%, 20%, 30% y 35% respectivamente para los cuatro meses (15+20+30+35=100).

Por ejemplo para una serie de tiempo que consta de 3 periodos de datos Y_1 , Y_2 , Y_3 . Comenzamos $F_1 = Y_1$.

$$\begin{aligned} F_2 &= \alpha Y_1 + (1-\alpha)F_1 \\ &= \alpha Y_1 + (1-\alpha)Y_1 \\ &= Y_1 \end{aligned}$$

Por lo tanto , el pronóstico de suavización exponencial para el periodo dos es igual al valor real de la serie de tiempo en el periodo 1.

Para el periodo 3 el pronóstico es:

$$F_3 = \alpha Y_2 + (1-\alpha)F_2 = \alpha Y_2 + (1-\alpha)Y_1$$

Por último al sustituir esta expresión para F_3 en la expresión para F_4 , se obtiene:



$$F4 = \alpha Y3 + (1-\alpha)F3 = \alpha Y3 + (1-\alpha) [\alpha Y2 + (1-\alpha)Y1] \\ = \alpha Y3 + \alpha (1-\alpha)Y2 + (1-\alpha)^2 Y1$$

Por consiguiente F4 es un promedio ponderado de los primeros tres valores de la serie de tiempo.

Suavizamiento exponencial

La entrada de control del cálculo del suavizamiento exponencial se conoce como factor de suavizamiento. Representa la ponderación aplicada a la demanda del período más reciente. Si se usa 35% como ponderación del período más reciente en el cálculo del promedio móvil ponderado, también se podría elegir usar 35% como factor de suavizado en el cálculo de suavizamiento exponencial. (David & Perez, 2010)

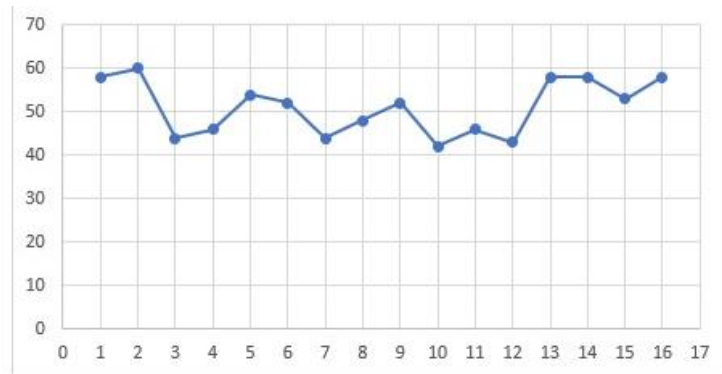


Figura 37 Suavizamiento Exponencial.

Fuente: (Google Sites, 2022)

Las ventajas de los métodos de suavización exponencial

Las ventajas son sobre todo la sencillez y la facilidad de aplicación, pero hay algunas más. Mostramos las más relevantes a continuación:



1. No necesita de muchos datos históricos, a diferencia de otros métodos como el ARIMA.
2. Tiene una mayor precisión que otros al utilizar técnicas de modelado exponencial.
3. Es un método que goza de gran flexibilidad, al utilizar datos de demanda que pueden ser elegidos por el investigador.
4. El llamado alisado exponencial doble permite reducir los problemas de pronóstico cuando el factor de suavización es mayor a 0.5. Uno de sus pocos inconvenientes.

El método de suavización exponencial utiliza los promedios históricos de una variable en un período para intentar predecir su comportamiento futuro.

Podemos comprobar que la suavización exponencial lo que hace es reducir las fluctuaciones y observamos que no parece que exista una tendencia clara. Sin embargo, el pronóstico se sitúa la mayor parte del tiempo por encima de la demanda real que se acabó produciendo. Aunque en un período posterior esta es bastante mayor.

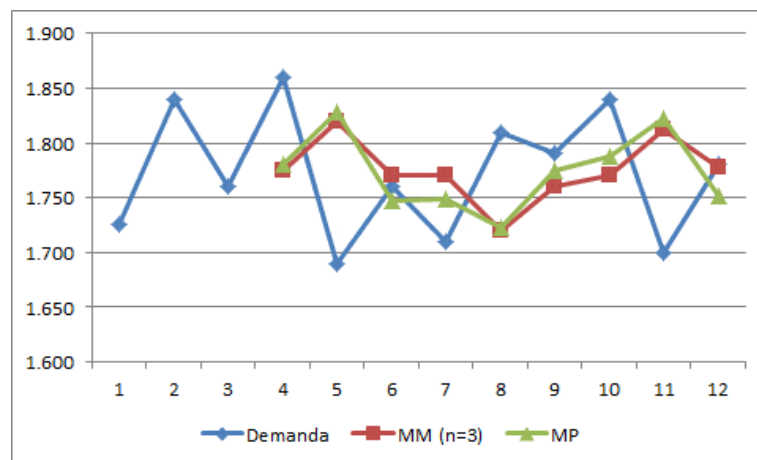


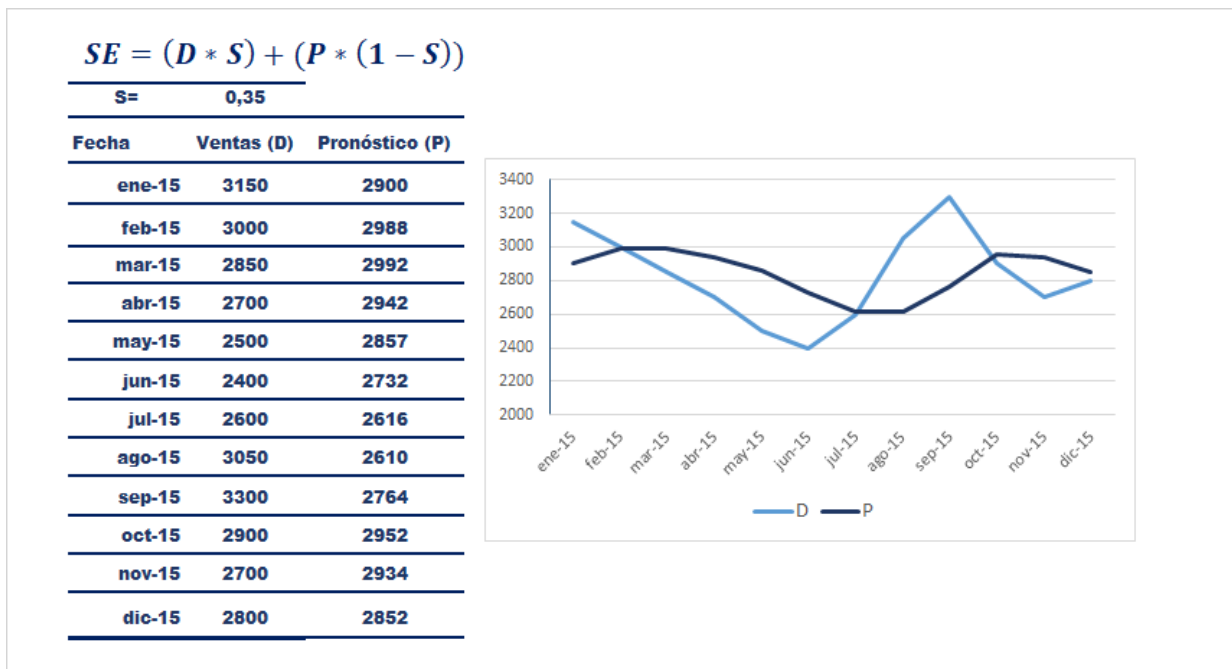
Figura 38 Promedio Móvil.

Fuente: (Modelos de Pronósticos 2022)



Ejemplo de suavización exponencial

Imaginemos una empresa que vende patatas fritas. El director comercial de la matriz mexicana contacta con su homólogo en España. Este le indica que va a hacer un pronóstico de ventas para Valencia. Pero claro, el único indicador que tiene para comenzar son las ventas en una ciudad de México en que se puedan comparar datos. Utiliza un factor para suavizar la serie del 35%.



Fuente: (Google Sites, 2022)



2.4.3 Regresión lineal

La regresión lineal es una técnica de modelado estadístico que se emplea para describir una variable de respuesta continua como una función de una o varias variables predictoras. Puede ayudar a comprender y predecir el comportamiento de sistemas complejos o a analizar datos experimentales, financieros y biológicos. (Carlos, 2000)

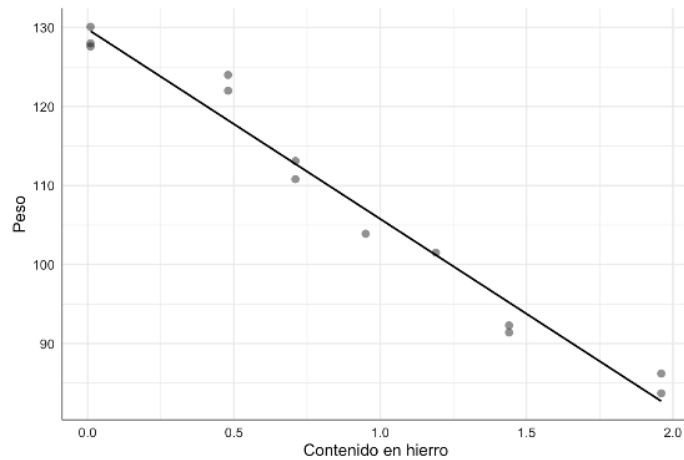


Figura 40 Regresión Lineal

Fuente: (Google Sites, 2022)

Las técnicas de regresión lineal permiten crear un modelo lineal. Este modelo describe la relación entre una variable dependiente Y (también conocida como la respuesta) como una función de una o varias variables independientes X_i (denominadas predictores). La ecuación general correspondiente a un modelo de regresión lineal es:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \epsilon_i$$

Donde β representa las estimaciones de parámetros lineales que se deben calcular y ϵ representa los términos de error. El objetivo de un modelo de regresión es tratar de explicar la relación que existe entre una variable dependiente y un conjunto de variables



independientes. Es un modelo de regresión lineal simple tratamos de explicar la relación que existe entre la variable.

Regresión Lineal Simple

El análisis de regresión tiene como objetivo estudiar la relación entre variables. Permite expresar dicha relación en términos de una ecuación que conecta una variable de respuesta Y, con una o más variables explicativas X1, X2.

La regresión lineal establece para el análisis de las dos variables la ecuación de una línea recta: $Y = A + BX$.

Preliminares

- **Y:** Simboliza la variable dependiente.
- **A:** Es el intercepto o punto de corte de la recta con el eje Y.
- **B:** Es la pendiente de la recta.

En términos generales, el modelado estadístico tiene estos dos objetivos a veces divergentes:

1. **Descripción:** Usar un modelo para describir la relación entre una variable de resultado de interés y una o más variables predictoras.
2. **Predicción:** Uso de un modelo para predecir instancias desconocidas de la variable de resultado de manera que se minimice el error predictivo fuera de la muestra.

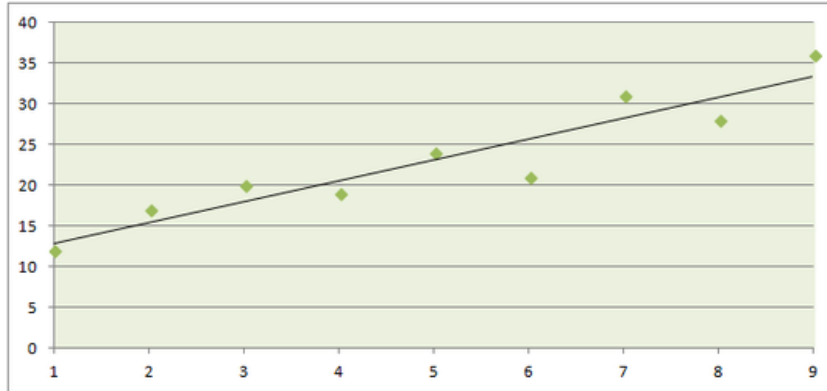


Figura 41 Preliminares.

Fuente: (Análisis Estadísticos, 2022)

Modelo lineal simple

Un modelo lineal simple tiene un resultado en el análisis de regresión que se relaciona en gran medida con la estimación y/o predicción de la media de la población o valor promedio de la variable dependiente, con base en los valores conocidos o fijos de las variables explicativas. Está definido por la siguiente ecuación. $Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i$, donde $i = 1, n$.

El subíndice en esta ecuación, i , indica las observaciones n en el conjunto de datos. (Pensemos en i como un número de fila que corresponde a los datos de un individuo). La ecuación se puede leer de la siguiente manera: el valor de la i -ésima variable resultado, y_i , está definido por una intercept, β_0 , más una pendiente, β_1 , multiplicada por la variable predictora i -ésima, x_i . Estos elementos definen la parte sistemática o determinista del modelo. Sin embargo, debido a que el mundo es incierto y contiene aleatoriedad, sabemos que el modelo será incorrecto (estará sujeto a error).

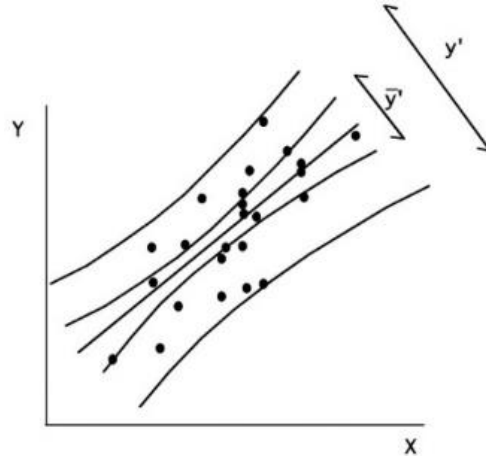


Figura 42 Modelo Lineal Simple.

Fuente: (Gestión de Operaciones, 2022)

Los errores en un modelo lineal, también conocidos como residuales del modelo, son la parte de los datos que permanece sin explicar por la parte determinista del modelo.

Regresión lineal multivariante

Podemos agregar predictores adicionales, p , a un modelo lineal simple, convirtiéndolo en un modelo lineal multivariante, que definimos de la siguiente manera:

- β_0 = Es la *intercept*
- β_1 :Es el coeficiente de la primera variable predictora.
- β_p = Es el coeficiente de la variable predictora p -ésima, X_p .
- ϵ_i = Representa la parte estocástica del modelo, los residuos, indexados por fila.

Incertidumbre

La incertidumbre es intrínseca al modelado estadístico. Distinguimos entre Incertidumbre de estimación e Incertidumbre fundamental :

- ❖ La incertidumbre de la estimación se deriva del desconocimiento de los parámetros β
- ❖ Disminuye a medida que N aumenta y los SE.



- ❖ La incertidumbre fundamental se deriva del componente estocástico del modelo, ϵ .

Existe sin importar lo que haga el investigador, sin importar como de grande sea el tamaño muestral n . Podemos reducir la incertidumbre fundamental con predictores elegidos inteligentemente, pero nunca podremos eliminarla. Un modelo lineal es paramétrico porque asumimos que la relación entre dos variables es lineal y puede ser definida por los parámetros de una recta (el intercept y la pendiente).

$$s_y = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - mx_i - b)^2}{N - 2}}$$

Figura 43 Formula de Incertidumbre.

Fuente: (Google Sites, 2022)

2.4.4 Error Absoluto medio Porcentual (MAPE)

Es un indicador del desempeño del pronóstico de demanda que mide el tamaño del error (Absoluto) en términos porcentuales. El hecho que se estime una magnitud del error porcentual lo hace un indicador frecuentemente utilizado por los encargados de elaborar pronósticos debido a su fácil interpretación. (Claudia, 2019)

Por ejemplo , afirmar que el error porcentual promedio es de un 4% es más fácil de comprender que cuando se dice el error absoluto medio por periodo es de 1.000 unidades que sería la información que podríamos obtener del MAD y que en abstracto no provee información si esta magnitud de error es aceptable o no.

La fórmula para el cálculo del MAPE o ERROR Porcentual Absoluto Medio es:



$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}}{n}$$

Figura 44 Formula del MAPE.

Fuente: (Google, 2022)

Error relativo= (Error Absoluto / Resultado Exacto) X 100%

MAPE es el error de porcentaje medio absoluto, que es una medida relativa que escala esencialmente la MAD para que se muestre en unidades de porcentaje en lugar de unidades en lugar de unidades de variable. El error de porcentaje medio absoluto es una medida de error relativa que utiliza valores absolutos para evitar que los errores positivos y negativos se cancelen entre sí y utiliza errores relativos para permitirle comparar la precisión de previsión entre métodos de serie de tiempo.

2.4.5 Desviación Absoluta Media (MAD)

La desviación absoluta media es una extensión simple de la varianza absoluta: Suma las varianzas absolutas y divide el resultado entre el número de registro. La desviación absoluta media es una estadística de error que calcula el promedio de la distancia entre cada par de puntos de datos reales y ajustados. (Perez C. , 2022)

Formula

Desviación absoluta media = ABSOLUTA(Y-MEDIA(Y))/Numero de Observaciones.

La desviación absoluta mediana es una medida de dispersión estadística. Además , la MAD es una estadística robusta, siendo más resistente a los valores atípicos en un conjunto de datos que la desviación estándar. En la desviación estándar , las distancias desde la media se elevan al cuadrado, por lo que las desviaciones grandes se ponderan más y, por lo tanto, los valores



atípicos pueden influir en gran medida. En el MAD, las desviaciones de un pequeño número de valores atípicos son irrelevantes Debido a que la MAD es un estimador de escala más sólido que la varianza muestral o la desviación estándar, funciona mejor con distribuciones son media o varianza.

$$MAD = \sum \frac{|Dt - Pt|}{n}$$

MAD= desviación Absoluta Media.

Pt= Pronostico de la demanda para el periodo.

Dt= Valor Real de la Demanda para el periodo t.

N= Numero de periodos a considerar.

Figura 45 Formula de la Desviación Absoluta Media. (MAD)

Fuente: (Google Sites, 2022)

2.4.6 Desviación Cuadrática Media (MSD)

La desviación cuadrática media (MSD) mide la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo. Los valores atípicos tienen mayor efecto en MSD que en MAD. Utilice para comparar los ajustes de diferentes modelos de series de tiempo, valores más pequeños indican un mejor ajuste.

$$MSD = \langle |X(t) - X_0|^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x(i)(t) - x(i)(0)|^2$$

- **N**=Numero de partículas a promediar, vector.
- **X(i) (0)**= **X(i)0** =Es la posición de referencia del i-esima particular y vector.
- **X(i) (t)**=Es la posición del i -esima particular en el tiempo.



Interpretación

Las medidas de exactitud se basan en residuos de un periodo por delante. En cada punto en el tiempo, se utilizan el modelo para predecir el valor Y correspondiente al siguiente periodo en el tiempo. La diferencia entre los valores pronosticados (ajuste) , Y real son los residuos en un periodo por delante, por tal motivo , las medidas de exactitud proporcionan un indicio de la exactitud que usted pudiera esperar al pronóstico 1 periodo proveniente del final de los datos. Por lo tanto , nos indica la exactitud al pronosticar más de 1 periodo, Si está utilizando el modelo para realizar pronósticos , no debería basar su decisión únicamente en las medidas de exactitud. (Perez I. , 2019)

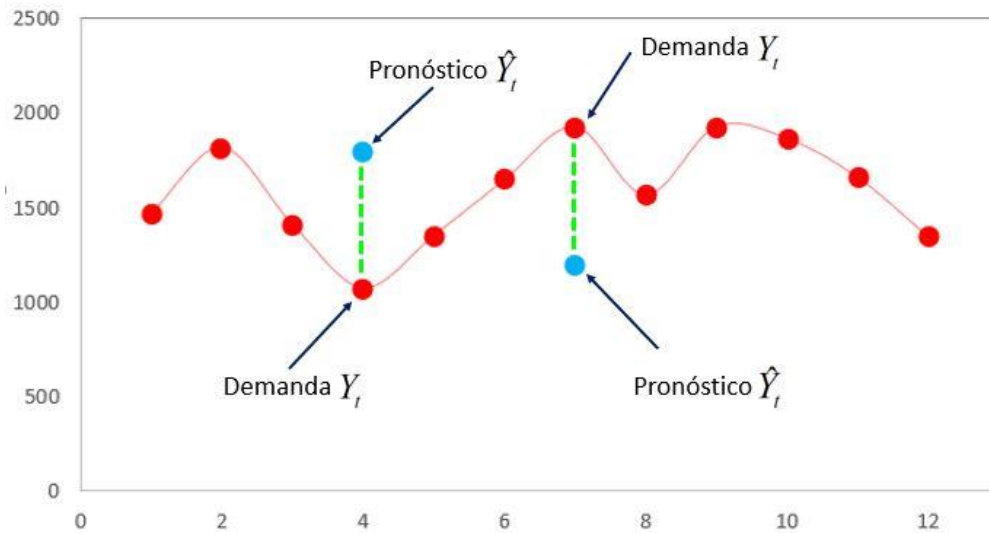


Figura 46 Formula de desviación Cuadrática Media. (MSD)

Fuente: (Google, 2022)

3. Estado del Arte.

La palabra producción hace énfasis a la acción de generar, producir o propagar , ya que se le atribuye a la adquisición y/o beneficios de bienes y frutos de la naturaleza que se puede ser transformados en un producto útil para el consumo humano y llevar a cabo procesos de productividad. (Perez, 2021)

La producción consiste en efectuar las operaciones que requiera el producto, lo que lleva en el proceso productivo correspondientes, integrados por actividades. Por tanto la gestión de la producción implicara gestionar adecuadamente las operaciones. (Cuatrecasas, 2016)



Figura 47 Producción.

Fuente: (Google, 2022)

La producción es un proceso de transformación social de la naturaleza , mediante el trabajo y el capital en objetivos de valor y uso. Según (Schroeder, Holstein 2008) dice que la producción de bienes o servicios es la responsabilidad o razón de ser de la función de operaciones. Es la actividad de usar procesos, máquinas y herramientas de realizar las



correspondientes operaciones con el fin de obtener unos productos a partir de las materias y componentes básicos, la producción es una parte de la actividad, más amplia, que incluye la planificación de la producción. (Antonio García, 2004).



Figura 48 Planificación.

Fuente: (Elaboración Propia)

El planeamiento de la producción es la determinación sistemática previa de los fines productivos (productos y servicios) y de los medios (métodos y procedimientos) necesarios para la consecución de esos fines de la manera más económica.

La planeación agregada de la producción, tiene en la literatura especializada varios títulos, entre lo más utilizados se encuentran: Planeación agregada, planificación de la producción, planeamiento de la producción y planificación de ventas y operaciones. Como se puede observar, estos autores integran la planeación con la programación de la producción, ya que hacen alusión a la determinación de medios con los métodos de producción y los procedimientos para la producción, que se ubican fundamentalmente a nivel operativo.



El planeamiento es el proceso de decidir qué objetivos perseguir durante un periodo de tiempo futuro, así como determinar que hacer para lograr tales objetivos. Es un puente entre el punto que se está y aquel donde se pretende llegar.

La planeación agregada es uno de los aspectos en que los investigadores de operaciones, más tiempo y recursos han invertido a través del tiempo, ya que esta se considera de gran importancia para la toma de decisiones. La planeación agregada se lleva a cabo para satisfacer la demanda total de todos los productos que comparte los mismos recursos de una instalación , una máquina , un operador .El termino agregado , en este nivel de planeación , implica que cantidades se deben producir para establecer de manera global o para una medida general de producción. (Vega & Altamar, 2009)

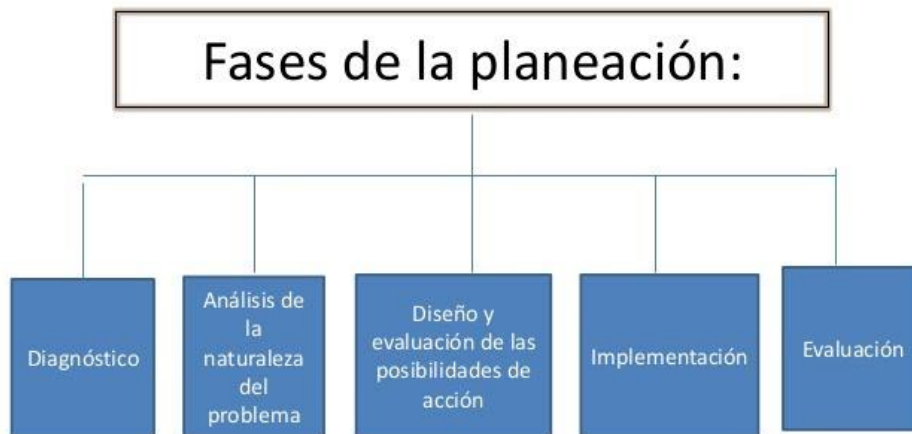


Figura 49 Fases de la planeación.

Fuente: (Google Sites, 2022)



La palabra agregada denominada también planeación combinada, se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental, en establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo que generalmente fluctúa entre 3 y 18 meses. (Zuluaga C. A., 2008)

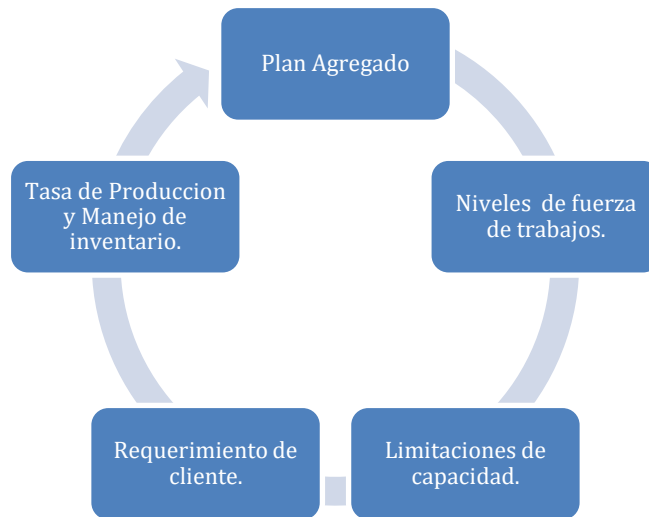


Figura 50 Plan Agregado.

Fuente: (Prezi, 2022)

La estrategia de planeación agregada denominada también planeación combinada, se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental, establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de horizonte en tiempo que, generalmente, fluctúa entre 3 y 18 meses, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente. (Aristizabal, 2003)

La planeación y programación de operaciones se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos en la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. Cuando hablamos de planeamiento agregado nos referimos a un método de planificación con horizonte de corto plazo por lo general anual que



sirve para establecer la cantidad de los recursos que una empresa necesitará para satisfacer la demanda esperada. (Luque & Domiguez, 2002)

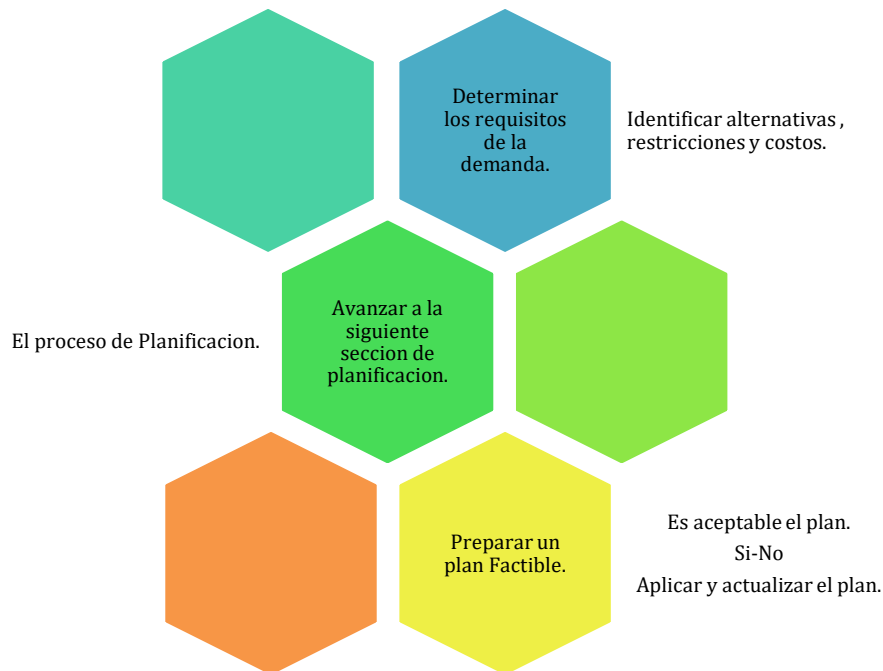


Figura 51 Plan del proceso de Planificación.

Fuente: (Elaboración Propia.)

Por lo tanto la planeación agregada tiene un alcance establecido tanto en límite de tiempo como a nivel de productividad en el que deberá abarcar un tiempo no mayor de un año al igual que sólo se aplica para una sola medida general de producción.

La planeación y programación de operaciones se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos en la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. Cuando hablamos de planeamiento agregado nos referimos a un método de planificación con horizonte de corto plazo por lo general anual que sirve para establecer la cantidad de los recursos que una empresa necesitará para satisfacer la demanda esperada. (Luque & Domiguez, 2002)

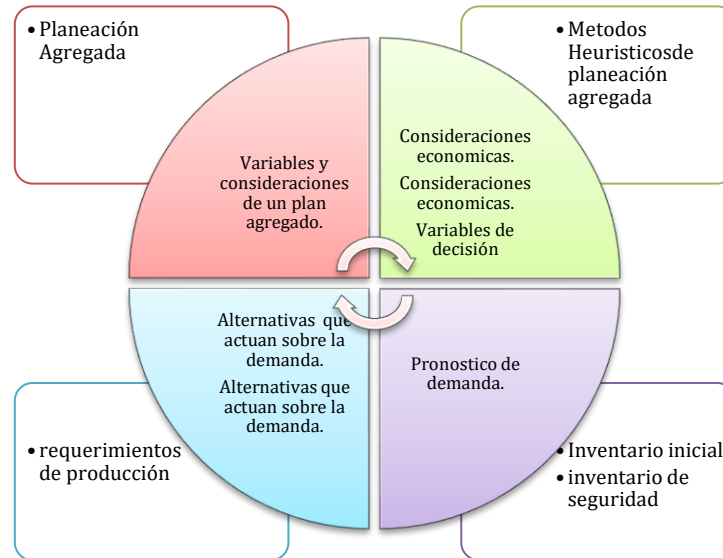


Figura 52 Plan Agregado.

Fuente: (Prezi, 2022)

El costo operativo de una empresa incluye todos los gastos relacionados con el funcionamiento de una organización, tales como materiales, salarios de los empleados, impuestos comerciales, logística, entre otras necesidades diversas. El costo operativo de una empresa es la suma de todas las cantidades que deben pagarse para mantenerla en funcionamiento. Estos gastos deben ser desembolsados incluso si la empresa no realiza ninguna venta en el mes, por ejemplo, cada tipo de negocio y área de actividad tiene sus propias características para definir los costos logísticos. (Newtòn, 2008)

Principales costos operativos de una empresa

- Materiales, equipos y productos.
- Contratación, formación y despido de empleados.
- Retribución a la dirección y a los empleados.
- Gastos de logística (stock, almacenamiento y transporte).
- Servicios de oficina y contabilidad.



- Alquiler de inmuebles y cuentas de consumo respectivas (luz, agua, internet, etc.).



Figura 53 Costos Operativos.

Fuente: (Google, 2022)

La media móvil es un indicador que nos habla del promedio de precios del activo en cuestión en un determinado período de tiempo, por lo tanto, los analistas suelen decir que es un indicador que analiza los precios. Con el cálculo del Promedio Móvil, los especialistas buscan suavizar los datos de precio de un determinado activo. Con la media móvil, se evita que las grandes fluctuaciones de precios en períodos cortos de tiempo tengan un impacto que desvirtúen la información. (Hanna, 2006)

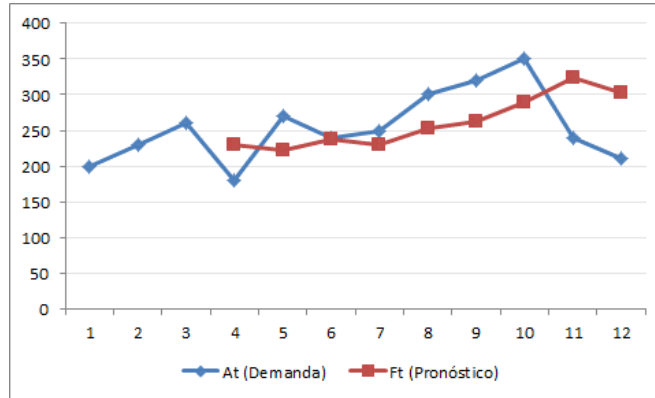


Figura 54 Media Móvil.

Fuente: (Ingeniería Industrial, 2022)

El suavizamiento exponencial es una forma de pronosticar la demanda de un artículo para un período dado. Este método estima que la demanda será igual al promedio de los consumos históricos en un período dado, dándole un mayor peso o ponderación a los valores que se encuentren más cercanos en el tiempo.

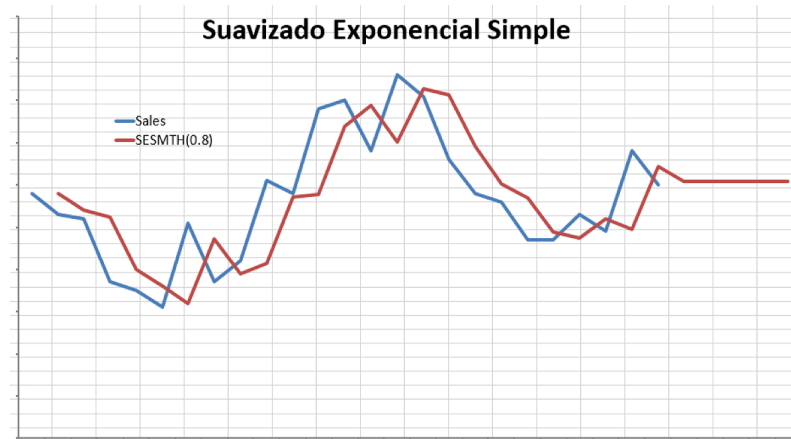


Figura 55 Suavizamiento Exponencial.

Fuente: (Google, 2022)



Suavizar es un proceso estadístico muy común. Con frecuencia se encuentran datos suavizados en diversas formas de la vida cotidiana. Cada vez que se usa un promedio para describir algo, se está utilizando un número suavizado. (Guzman, 2006)

Es una estimación cuantitativa o cualitativa de uno o varios factores (Variables) que conforman un evento futuro, con base en información actual o del pasado.

- La estimación de pronósticos del volumen de ventas trimestrales para un producto en particular durante el año próximo afectara los programas de producción, los planes de compra de materias primas, las políticas de inventarios y las cuotas de ventas.
- En consecuencia, los malos pronósticos pueden dar como resultado un incremento en los costos de la empresa ¿ Como debemos proceder para proporcionar los pronósticos trimestrales del volumen de ventas?
- Revisar los datos históricos , con frecuencia ayuda a comprender mejor el patrón de las ventas pasadas , lo que conduce a mejores predicciones de las ventas futuras del producto.
- Los datos históricos de venta forman una serie de tiempo.
- Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones de una variable medida en puntos sucesivos en el tiempo o a lo largo de periodos sucesivos.
- En este curso se presenta varios procedimientos para analizar las series de tiempo.
- El objetivo de estos análisis es proporcionar buenos pronósticos o predicciones de los valores futuros de la serie de tiempo.

Métodos de elaboración de pronósticos

Los métodos de elaboración de pronósticos se clasifican como cuantitativos o cualitativos.

Los métodos cuantitativos se utilizan cuando:

- Se dispone de información pasada sobre la variable que se pronosticara.
- La información puede cuantificarse.



- Es razonable suponer que el patrón del pasado seguirá ocurriendo en futuro. En estos casos pueden elaborarse un pronóstico con un método de series de tiempo o un método casual.

Si los datos históricos se restringen a valores pasados de la variable que tratamos de pronosticar, el procedimiento de elaboración de pronósticos se llama método de serie de tiempo. El objetivo de los métodos de serie de tiempo es descubrir un patrón en los datos históricos y luego extrapolarlo hacia el futuro., el pronóstico se basa solo en valores pasados de la variable que tratamos de pronosticar o en errores pasados.

En este curso se explicará 3 métodos de series de tiempo: suavización (promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavización exponencial), proyección de tendencias y proyección de tendencias ajustada por influencia estacional. Los métodos de elaboración de pronósticos causal se basan en el supuesto de que la variable que tratamos de pronosticar exhibe una relación de causa y efecto con una o más variable.

En este curso se presenta el uso del análisis de regresión como un método de elaboración de pronósticos casual. Por ejemplo ,los gastos de publicidad influyen en el volumen de ventas de muchos productos, de manera que el análisis de regresión puede utilizarse para desarrollar una ecuación que muestre como se relacionan estas dos variables. Utilizar un método de series de tiempo para elaborar el pronóstico en este ejemplo, implica que no se considerarían los gastos de publicidad., es decir , un método de serie de tiempo basaría el pronóstico solo en las ventas pasadas.

Los métodos cualitativos por lo general involucran el uso del juicio experto para elaborar pronosticos.Una ventaja de los procedimientos cualitativos es que pueden aplicarse cuando la información sobre la variable que se está pronosticando no puede cuantificarse o son escasos.

- ★ Método Delphi.



- ★ Juicio experto.
- ★ Redacción de escenarios.
- ★ Enfoques intuitivos.

La regresión lineal es una técnica de modelado estadístico que se emplea para describir una variable de respuesta continua como una función de una o varias variables predictoras. Puede ayudar a comprender y predecir el comportamiento de sistemas complejos o a analizar datos experimentales, financieros y biológicos. (Carlos, 2000)

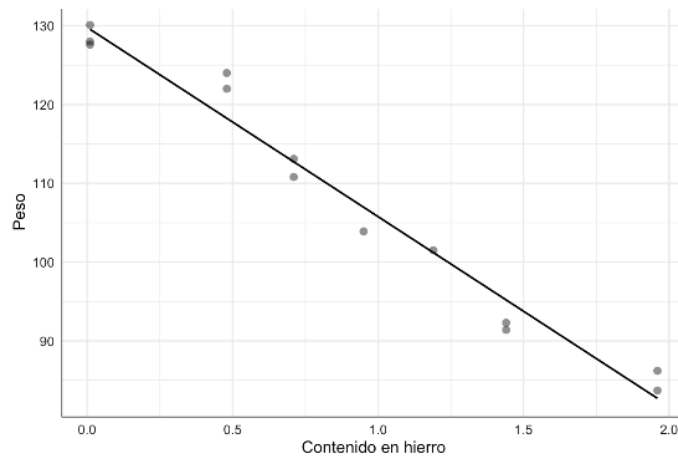


Figura 56 Regresión Lineal.

Fuente: (Carlos ,2022)

Las técnicas de regresión lineal permiten crear un modelo lineal. Este modelo describe la relación entre una variable dependiente y (también conocida como la respuesta) como una función de una o varias variables independientes X_i (denominadas predictores). La ecuación general correspondiente a un modelo de regresión lineal es:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \epsilon_i$$



El análisis de regresión se relaciona en gran medida con la estimación y/o predicción de la media (de la población o valor promedio de la variable dependiente, con base en los valores conocidos o fijos de las variables explicativas).

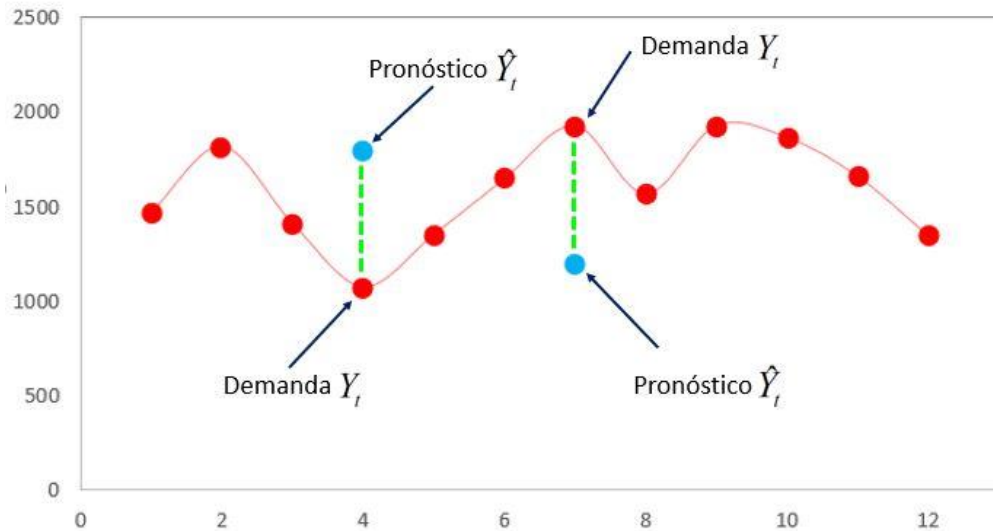


Figura 57 Indicadores de Precisión de Pronósticos

Fuente: (Google Sites, 2022)

4. Metodología

En el presente capítulo se llevará a cabo la descripción de la metodología que vamos a utilizar en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV con el fin de analizar y comprender cada una de las actividades que realiza el área.

El área ante menciona es la siguiente:

- CONCRETOS LAR SA DE CV.

4.1 Metodología

Para realizar el desarrollo del análisis en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV , se va a realizar en base a los objetivos de la presente tesis mediante el ciclo PHVA, que es una estrategia para mejorar procesos e implementar cambios.

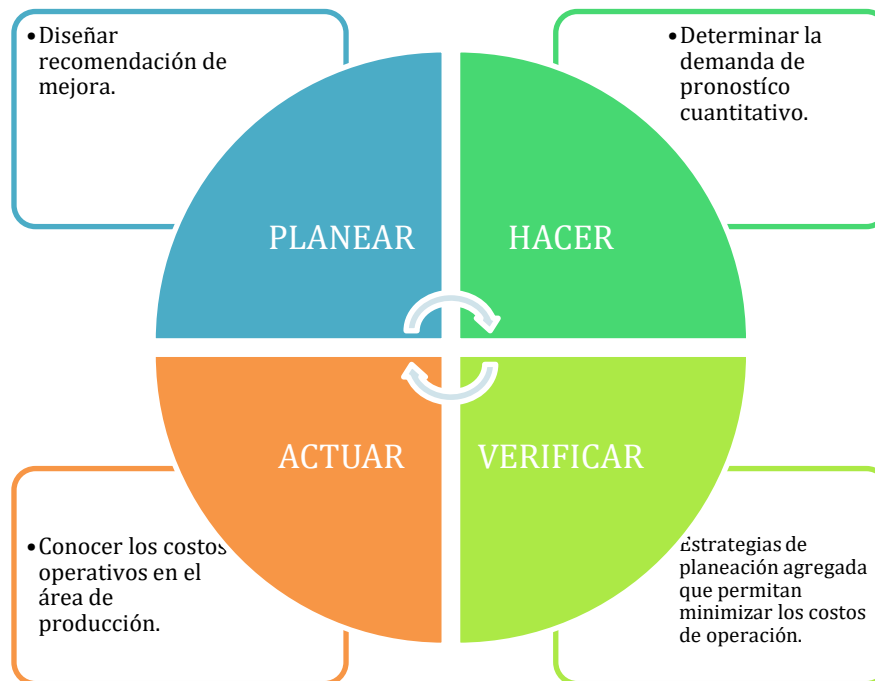


Figura 58 Ciclo de PHVA

Fuente: (Elaboración Propia)



4.2 Herramientas a utilizar

4.2.1 El ciclo PHVA

El ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es una estrategia interactiva de resolución de problemas para mejorar procesos e implementar cambios. El ciclo PHVA es una técnica útil para abordar, analizar y resolver problemas en empresas. Dado que el ciclo PHVA se basa en el proceso de mejora continua, ofrece un alto nivel de flexibilidad y mejora iterativa. (Martinez, 2022)

El ciclo PHVA es útil especialmente cuando quiere:

- Simplificar y mejorar un proceso de trabajo repetitivo.
- Desarrollar un proceso de negocios nuevo.
- Comenzar a implementar mejoras continuas.
- Minimizar errores y maximizar resultados.

4.2.2 Implementación del ciclo PHVA

1.- Planificar

El primer paso para cualquier mejora de procesos o planificación de proyectos es determinar que necesitas hacer.

2.-Hacer

Implementa el plan de proyecto en una escala pequeña para asegurarte de que funcione correctamente.

3.- Verificar

Verifica que en la prueba que realizaste durante la fase de hacer del ciclo PHVA todo haya ido acorde al plan. Ya que es clave para detectar pequeños problemas antes de que se vuelvan más grande.

4.- Actuar

Consiste en implementar todas las mejoras del proyecto y los procesos.

4.2.3 Evaluar estrategias de planeación agregada

En este punto se realizará la evaluación de estrategias a través del método de la planeación agregada que está formada por las actividades de la empresa, informándonos de los resultados que debemos alcanzar, expresado a través de números de unidades de los productos para así poder minimizar los costos en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, y darle una mejora a través de esta metodología.

Considerando que un plan agregado está formado por unidades de producción, por ejemplo, horas trabajadas, actividades terminadas, objetivos logrados, etc. Un ejemplo claro si nuestra planificación añadimos las horas de un miembro del equipo empleado para realizar una tarea



podemos medir su totalidad en el proyecto.

Figura 59 Planeación Agregada.

Fuente: (Elaboración propia)



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En este último capítulo, se mostrarán los resultados obtenidos al realizar la tesis de la minimización de costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada en el área de concretos de la empresa CONCRETOS LAR, SA DE CV en la ciudad de Tuxpan Veracruz. A través de este proyecto, aplicando la metodología de planeación agregada, conociendo los costos que generan a través de la producción lo que se quiere lograr es minimizar sus costos y tener una mejora. En el desarrollo de este proyecto, se muestra cada uno de los procesos marcados de la metodología como principal punto es:

- Identificar el sistema de producción de concreto mediante un diagrama de flujo de procesos operativos.
- Determinar la demanda proyectada mediante un modelo de pronóstico cuantitativo.
- Determinar los costos operativos en el área de producción de concreto.
- Evaluar estrategias de planeación agregada que permitan minimizar los costos operativos.
- Diseñar recomendación de mejora con la finalidad de evitar la reincidencia de la problemática.

5.1 Se identificará el sistema de producción a través de un diagrama de flujo

En este punto como principal función, es identificar y conocer el sistema de producción que maneja el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, para así poder representarlo a través de un diagrama de flujo de procesos operativos para su concreto hidráulico.



En este apartado se muestra el proceso de CONCRETOS LAR SA DE CV mediante un diagrama de Flujo.

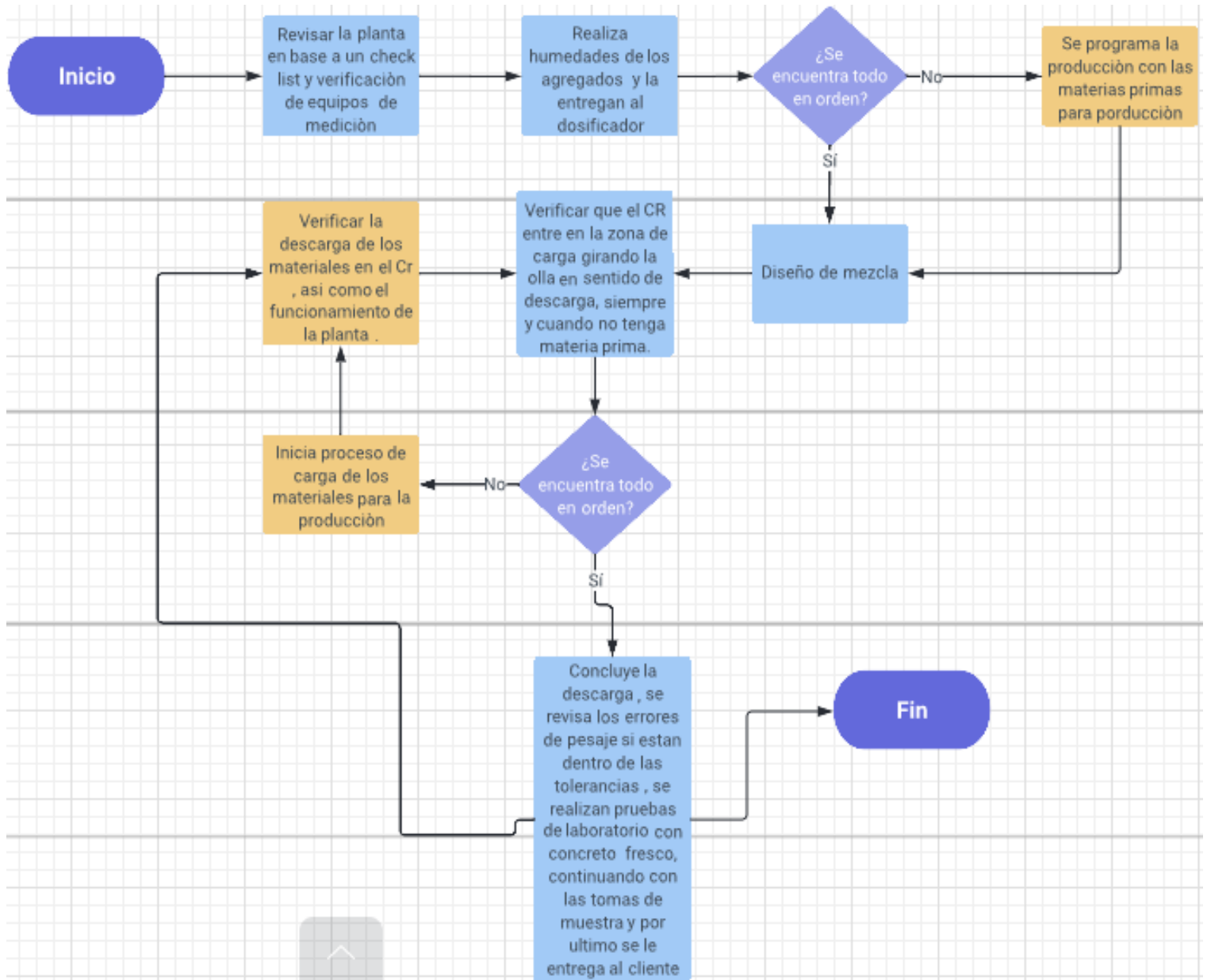


Figura 60 Diagrama de Flujo.

Fuente: (Propia)



5.2 Determinar la demanda proyectada mediante modelo de pronóstico cuantitativo

En la presente Tesis se realizará la investigación de un modelo pronóstico cuantitativo, pero antes debemos tener en cuenta que es, para que sirve y que beneficios tiene al aplicarlo en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, a través de producción el cual estos pronósticos utilizan modelos matemáticos con los que se analizan los resultados basados en las ventas de la empresa o el área correspondiente. En este apartado se determinará su demanda proyectada en el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, para así poder presentarla a través de un modelo cuantitativo y saber cómo fluye la demanda.

En esta tabla se muestra el mes de enero a noviembre con su periodo correspondientes con la demanda real y su costo unitario.

Tabla 1 Tabla de demanda real y costo Unitario.

Fuente (Obtenida por la empresa)

Mes	Periodo	Demanda Real (M3)	Costo Unitario
Enero	3 al 8	52.5 m ³	\$1350
Enero	10 al 15	202.5 m ³	\$5690
Enero	17 al 22	245.5 m ³	\$7980
Enero	24 al 29	234 m ³	\$6598
Enero	31	40 m ³	\$1560
Febrero	1 al 5	172.5 m ³	\$2500
Febrero	7 al 12	101.5 m ³	\$3450
Febrero	14 al 19	132.5 m ³	\$6350



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Febrero	21 al 26	173.5m ³	\$3500
Febrero	28	6 m ³	\$1220
Marzo	1 al 5	145 m ³	\$2150
Marzo	7 al 12	65.5 m ³	\$1890
Marzo	14 al 19	20 m ³	\$1950
Marzo	21 al 26	75 m ³	\$2650
Marzo	28 al 31	41 m ³	\$2300
Abril	1 al 2	46.5 m ³	\$2450
Abril	4 al 9	97.5 m ³	\$3450
Abril	11 al 16	168 m ³	\$5980
Abril	18 al 23	99.5 m ³	\$4350
Abril	25 al 30	81.5 m ³	\$2110
Mayo	2 al 7	73 m ³	\$3120
Mayo	9 al 14	66 m ³	\$4320
Mayo	16 al 21	72.5 m ³	\$5650
Mayo	23 al 28	86.5 m ³	\$4390
Mayo	30 al 31	25.5 m ³	\$2590
Junio	1 al 4	37M ³	\$1590



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Junio	6 al 11	55.5 m ³	\$3490
Junio	13 al 18	111.5 m ³	\$4563
Junio	20 al 25	58.5 m ³	\$6789
Junio	27 al 30	16 m ³	\$3246
Julio	1 al 2	13 m ³	\$3897
Julio	4 al 9	0 m ³	\$0
Julio	11 al 16	34.50 m ³	\$4321
Julio	18 al 23	124.50 m ³	\$5467
Julio	25 al 30	40 m ³	\$1234
Agosto	1 al 6	60.5 m ³	\$2345
Agosto	8 al 13	175.5 m ³	\$4567
Agosto	15 al 20	258 m ³	\$5678
Agosto	22 al 27	177.50 m ³	\$6789
Agosto	29 al 31	40.5 m ³	\$4321
Septiembre	1 al 3	6 m ³	\$1220
Septiembre	5 al 10	170 m ³	\$5678
Septiembre	12 al 17	83.5 m ³	\$3211
Septiembre	19 al 24	132.5 m ³	\$3458



Septiembre	26 al 30	1431.5 m ³	\$4692
Octubre	1	0 m ³	\$0
Octubre	3 al 8	123 m ³	\$5698
Octubre	10 al 15	73.5m ³	\$6785
Octubre	17 al 22	328m ³	\$9345
Octubre	24 al 29	228m ³	\$4679
Octubre	31	14m ³	\$5789
Noviembre	1 al 5	179.5m ³	\$6749
Noviembre	7 al 12	307m ³	\$8567
Noviembre	14 al 19	178m ³	\$4896
Noviembre	21 al 26	79m ³	\$4586

En la siguiente secuencia se muestra el método de:

➤ **Promedio Móvil**

Del mes de enero – noviembre con su promedio móvil de la demanda real, promedio móvil y el pronosticó.

Promedio Móvil de Demanda Real

- **Datos:** Demanda Real.
- **Longitud:** 55.
- **Numero de Valores Faltantes:** 0.

Promedio Móvil

- Longitud de 3.



Medidas de Exactitud

- ✓ MAPE: 193.70.
- ✓ MAD : 60.17.
- ✓ MSD: 7395.77.

Pronósticos

- ✓ **Periodo:** 56.
- ✓ **Pronostico:** 188.
- ✓ **Inferior:** 19.4457.
- ✓ **Superior:** 356.554.

A continuación se muestra la gráfica de promedio móvil de demanda real de enero-noviembre, como va cambiando su demanda en cada mes, con sus variables, su promedio móvil y las medidas de exactitud de MAPE, MAS Y MSD.

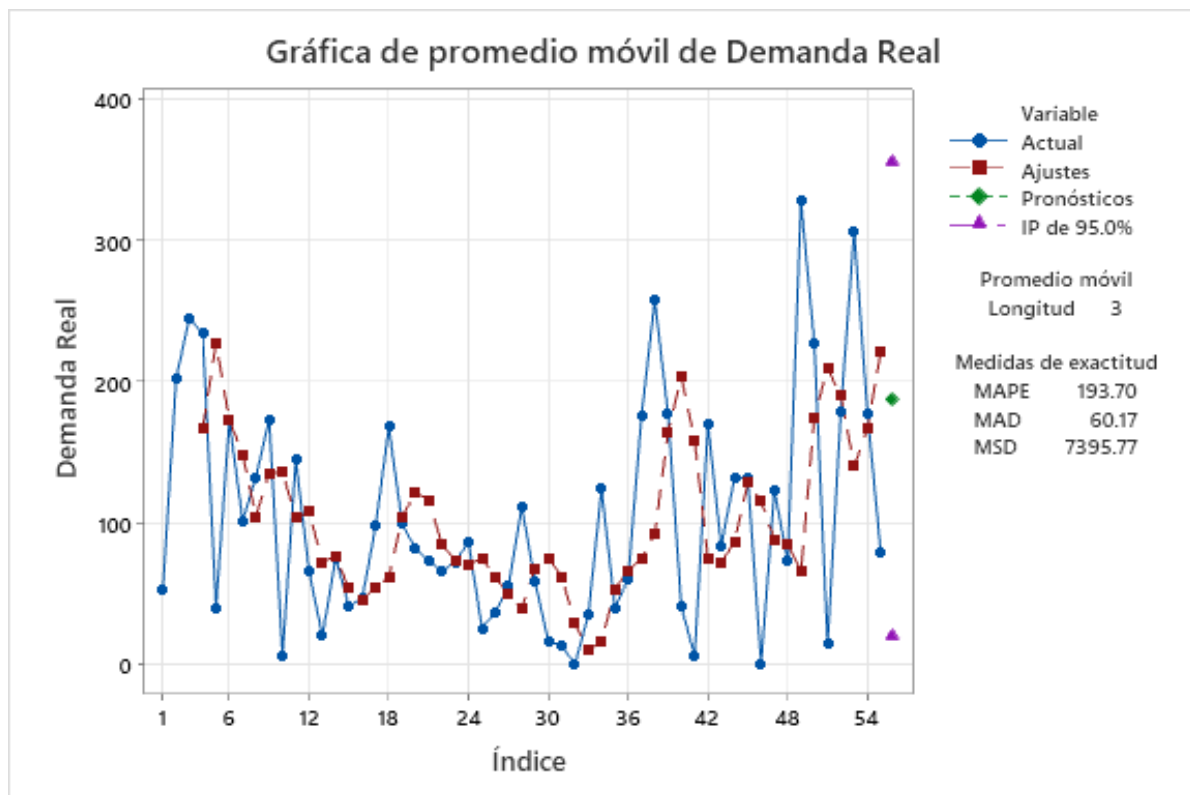


Figura 61 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de enero-noviembre.

Fuente: (Minitab)



En la gráfica de residuos para la demanda real , se muestra la gráfica de probabilidad normal, el VS. Ajustes, histograma y VS orden como van cambiando cada gráfico.

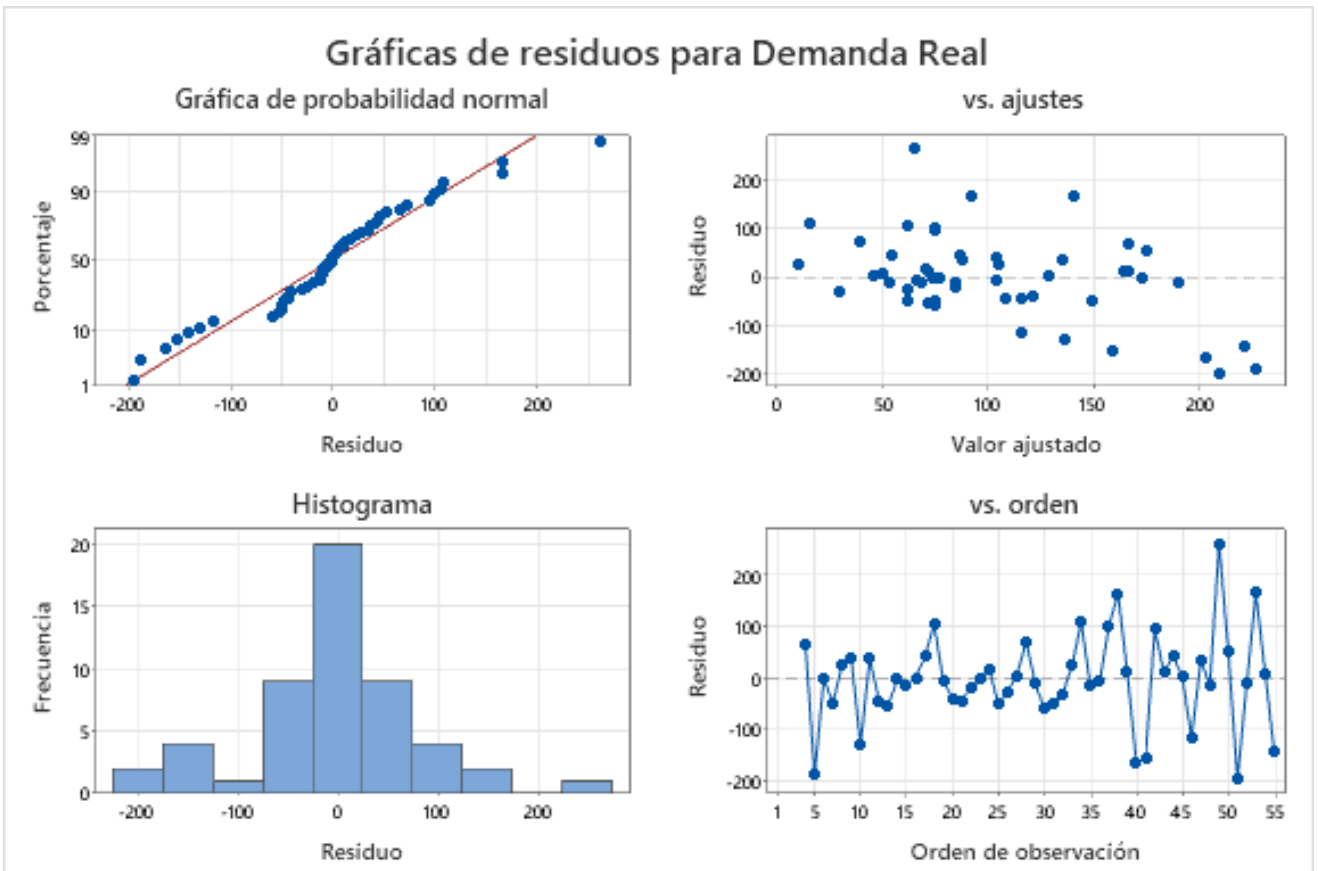


Figura 62 Grafica de Residuos para Demanda Real.

Fuente: (Minitab)

En la siguiente secuencia se muestra el método de:

- **Suavizamiento Exponencial Simple.**

Del mes de enero – noviembre con su Suavización Exponencial Simple, promedio móvil y el pronosticó.



Método

- ★ **Datos:** Longitud.
- ★ **Demanda Real:** 55.

Constancia de Suavización.

∝ **0.157325.**

Medidas de Exactitud

- **MAPE:** 165.44.
- **MAD:** 60.85.
- **MSD:** 612.03.

Pronósticos

- ❖ **Periodo:** 56.
- ❖ **Pronostico:** 149.947.
- ❖ **Inferior:** 0.878143.
- ❖ **Superior:** 299.015.

Continuando se describe la gráfica de suavizamiento Exponencial Simple para demanda real de enero-noviembre con sus variables, con la constancia de suavización y las medidas de exactitud de MAPE, MAD Y MSD.

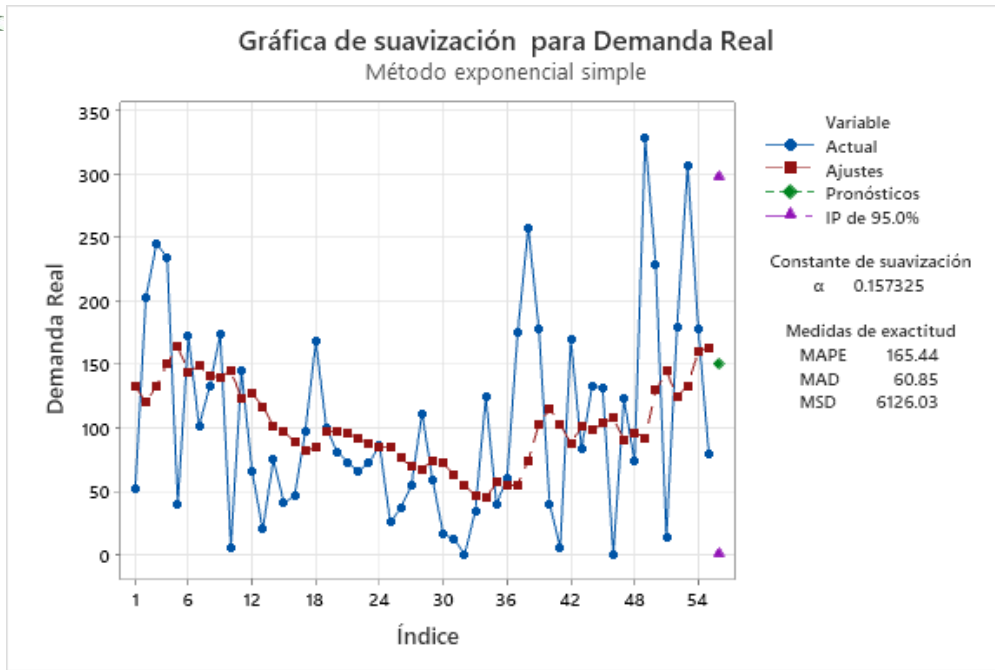


Figura 63 Grafica de Suavización para Demanda Real enero-noviembre.

Fuente: (Minitab)

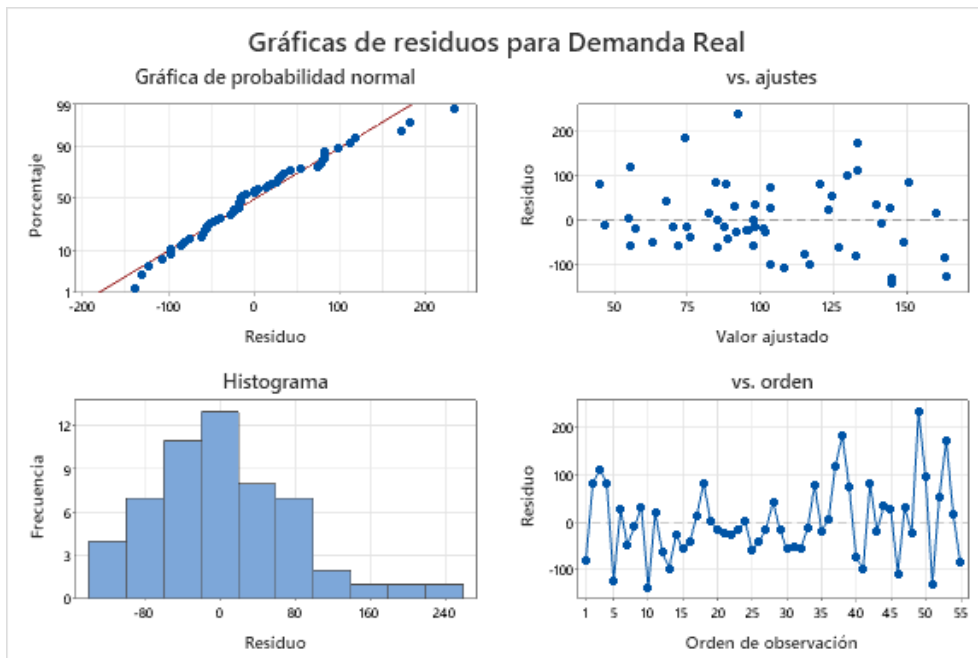


Figura 64 Grafica de Residuos para Demanda Real.

Fuente: (Minitab)



En la siguiente secuencia se muestra el método de:

- ✓ **Análisis de Tendencia .**

Del mes de enero – noviembre con Análisis de Tendencia para Demanda Real, promedio móvil y el pronosticó.

Método

Tipo de modelo	Modelo de tendencia lineal
Datos	Demanda Real
Longitud	55
Número de valores faltantes	0

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 88.9 + 0.566 \times t$$

Medidas de exactitud

- **MAPE:** 162.73.
- **MAD:** 64.39.
- **MSD:** 6213.59.

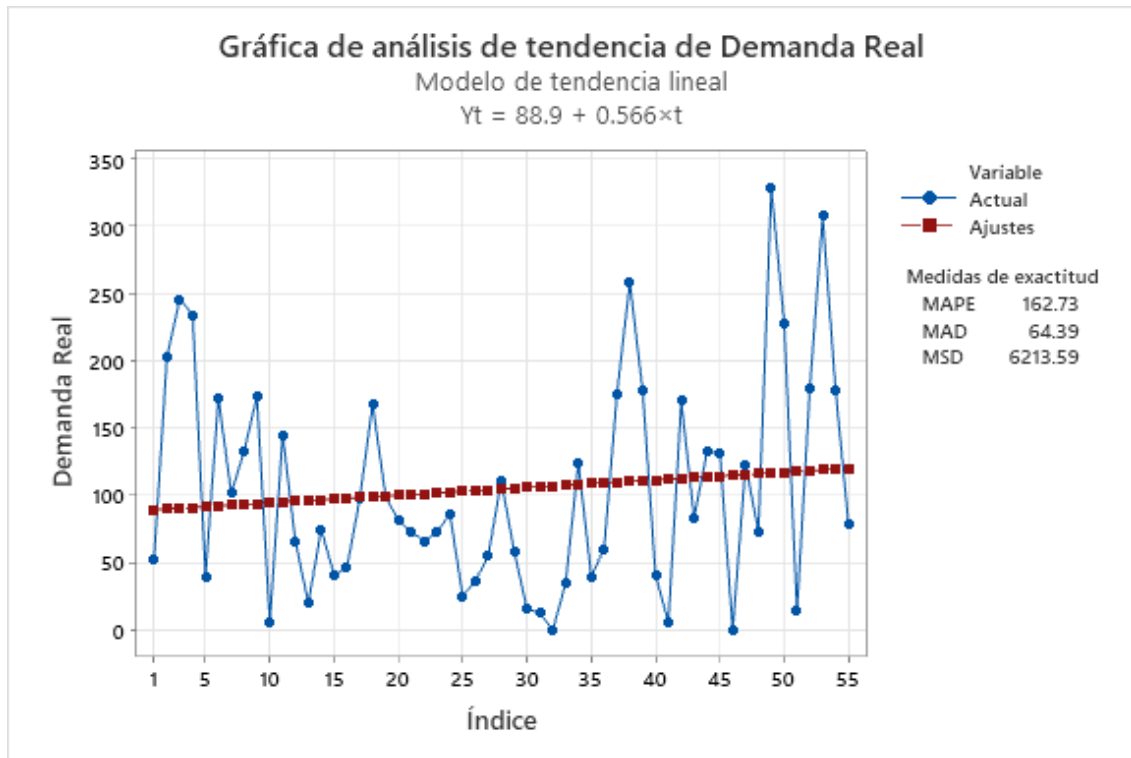


Figura 65 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real.

Fuente: (Minitab)

Tabla 2 Métodos con MAPE, MAD Y MSD en general de enero-noviembre.

Fuente: (Propia)

Método	MAPE	MAD	MSD
Análisis De Tendencia	162.73	64.39	6213.59
Promedio Móvil	193.70	60.17	7395.77
Suavizamiento Exponencial	165.44	60.85	6126.03

En la tabla anterior se muestra el comparativo entre los métodos utilizados, podemos observar que tiene variaciones leves entre el análisis de tendencia y el suavizamiento exponencial, mientras que respecto al promedio móvil la diferencia es más grande.



5.3 Determinar los costos operativos en el área de producción de concreto

En este punto el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, me proporcionaran los datos correspondientes, en el área de producción, para saber los tipos de costos operativos, que maneja el área y poder darle continuidad a la minimización de costos operativos a través de la planeación agregada y determinar su demanda proyecta mediante un modelo de pronóstico cuantitativo.

En este punto la herramienta a utilizar son los costos operativos que maneja el área de CONCRETO LAR SA DE CV en producción, como principal punto debemos saber que costos se genera al realizar las distintas resistencias de concreto mediante producción, donde aplicaremos la planeación agregada que nos permitirán minimizar los costos, sabiendo con exactitud sus costos que manejan.

A continuación de describirá los costos correspondientes:

Tabla 3 Costos

Fuente: (Propia)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250
Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

En la siguiente tabla se muestra la descripción de cada materia prima que maneja el área de CONCRETOS LAR SA DE CV, con la clave correspondiente y su costo total.



Tabla 4 Materia Prima

Fuente: (Propia)

Clave	Materia Prima	Costo
VML597.	Cemento CP040.	\$2810.00.
VML03.	Cemento Tipo II.	\$2910.00.
VML749.	Cemento CPC 40 RS.	\$2610.00.
MTR05.	Grava 1 ½ (KM31).	\$0.00.
MTR04.	Grava 1 ½ (M3).	\$0.00.
MTR11.	Arena ¼ a finos.	\$360.00.
VML01.	Agua.	\$0.00.
VML02.	Hielo.	\$240.00.
ADT01.	X15 Lts.	\$0.00.
ADT02.	Impermeabilizante (KG).	\$509.21.
Sacos.	Adicionante Perlitas.	\$0.00.
VML212.	Dense a 25 Porrón 20L.	\$0.00.
ADT03.	Fibra.	\$0.00.
ADT05.	Vitax A28.	\$22.00.
MTR15.	Grava ¾ (m3).	\$171.00.



MTR06.	TRIT.3/8.	\$170.99.
MTR18.	Arena 4MM.	\$360.00.
ADT11.	FOAMX A52.	\$68.86.
ADT12.	FLUIDX M68.	\$16.00.
ADT04.	FLOWX A92.	\$59.00.
MTR12.	Arena Fina.	\$440.00.

5.4 Evaluar estrategias de planeación agregada que permitan minimizar los costos operativos.

Para poder evaluar los costos operativos que maneja el área de CONCRETOS LAR SA DE CV lo principal es saber que costos generan y que costos no generan para poder evaluar una estrategia de planeación agrega , la cual nos va permitir que la planeación establece niveles de producción que hace que la empresa implemente dicha, proceso, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. Por lo tanto la planeación agregada tiene el alcance establecido tanto en límites de tiempo como niveles de productividad.

A continuación se presenta una tabla donde se toman en cuenta todos los costos que genera la empresa , para poder darle continuidad al plan de planeación agregada.

Tabla 5 Costos en General

Fuente: (Obtenida por la empresa)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

En este punto se van a tomar en cuenta la estrategia de planeación agregada , la cual van a evaluar 3 métodos los cuales son :

1. Estrategia variación de la fuerza de trabajo. (VFT)

Tabla 6 Tipos de Costos

Fuente: (Obtenida por la empresa)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250
Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

Tabla 7 Estrategia de Variación de la fuerza de trabajo. (VFT)

Fuente: (Propia)



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Mes	Demanda Bruta (Dt) u	Inventario al final del periodo (It)	Demanda Neta (Dt) u	Fuerza de trabajo necesaria (Wt)	Contrataciones (Qt,+) Despidos (Qt-)trab	Costo de contratación (\$)
0		800		450		
Enero	774.5		-25.5	-6	-456	\$ -
Febrero	586		586	131	137	\$ 89,050.00
Marzo	346.5		346.5	77	-54	\$ -
Abril	493		493	110	33	\$ 21,450.00
Mayo	323.5		323.5	72	-38	\$ -
Junio	278.5		278.5	62	-10	\$ -
Julio	212		212	48	-14	\$ -
Agosto	712		712	159	111	\$ 72,150.00
Septiembre	1823.5		1823.5	406	247	\$ 160,550.00
Octubre	766.5		766.5	171	-235	\$ -
Noviembre	743.5	800	1543.5	343	172	\$ 111,800.00

Costo de despido (\$)	Producción (Pt) u	Balance de inventario al final de periodo (Itl) u	Costo de producción \$	Costo de inventario \$	Costo mensual \$
		800			
\$ 570,000.00	-27	-1.5	-\$ 16,200.00	-\$ 127.50	\$ 553,672.50
\$ -	589	1.5	\$ 353,400.00	\$ 127.50	\$ 442,577.50
\$ 67,500.00	346	1	\$ 207,600.00	\$ 85.00	\$ 275,185.00
\$ -	495	3	\$ 297,000.00	\$ 255.00	\$ 318,705.00
\$ 47,500.00	324	3.5	\$ 194,400.00	\$ 297.50	\$ 242,197.50
\$ 12,500.00	279	4	\$ 167,400.00	\$ 340.00	\$ 180,240.00
\$ 17,500.00	216	8	\$ 129,600.00	\$ 680.00	\$ 147,780.00
\$ -	715	11	\$ 429,000.00	\$ 935.00	\$ 502,085.00
\$ -	1827	14.5	\$ 1,096,200.00	\$ 1,232.50	\$ 1,257,982.50
\$ 293,750.00	769	17	\$ 461,400.00	\$ 1,445.00	\$ 756,595.00
\$ -	1543	816.5	\$ 925,800.00	\$ 69,402.50	\$ 1,107,002.50
Costo Total					\$ 2,012,577.50



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

En la tabla 7 de la estrategia de variación de la fuerza de trabajo (VFT) , se muestra los meses de enero a noviembre con su demanda correspondiente , y el inventario de inicio y final Para continuidad con los demás costos y llegar al costo total.

2.- Variación de la Nivelación de Inventario. (VNI)

Tabla 8 Tabla de Costos.

Fuente: (Obtenida por la Empresa)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250
Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

Tabla 9 Variación de la Nivelación de Inventario (VNI)

Fuente: (Propia)

Mes	Demanda Bruta (Dt) u	Inventario al final del periodo (It)	Demanda Neta (Dt) u	Fuerza de trabajo necesaria (Wt)	Contrataciones (Qt,+) Despidos (Qt-))trab	Costo de contratación (\$)
0		800		450		
Enero	774.5		-25.5	143	-307	\$ -
Febrero	586		586	143	0	\$ -
Marzo	346.5		346.5	143	0	\$ -
Abril	493		493	143	0	\$ -
Mayo	323.5		323.5	143	0	\$ -



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Junio	278.5		278.5	143	0	\$ -
Julio	212		212	143	0	\$ -
Agosto	712		712	143	0	\$ -
Septiembre	1823.5		1823.5	143	0	\$ -
Octubre	766.5		766.5	143	0	\$ -
Noviembre	743.5	800	1543.5	143	0	\$ -

Costo de despido (\$)	Producción (Pt) u	Balance de inventario al final de periodo (Itl) u	Costo de producción \$	Costo de inventario \$	Costo mensual \$
		800			
\$ 383,750.00	643	668.5	\$ 385,800.00	\$ 56,822.50	\$ 826,372.50
\$ -	643	725.5	\$ 385,800.00	\$ 61,667.50	\$ 447,467.50
\$ -	643	1022	\$ 385,800.00	\$ 86,870.00	\$ 472,670.00
\$ -	643	1172	\$ 385,800.00	\$ 99,620.00	\$ 485,420.00
\$ -	643	1491.5	\$ 385,800.00	\$ 126,777.50	\$ 512,577.50
\$ -	643	1856	\$ 385,800.00	\$ 157,760.00	\$ 543,560.00
\$ -	643	2287	\$ 385,800.00	\$ 194,395.00	\$ 580,195.00
\$ -	643	2218	\$ 385,800.00	\$ 188,530.00	\$ 574,330.00
\$ -	643	1037.5	\$ 385,800.00	\$ 88,187.50	\$ 473,987.50
\$ -	643	914	\$ 385,800.00	\$ 77,690.00	\$ 463,490.00
\$ -	643	813.5	\$ 385,800.00	\$ 69,147.50	\$ 454,947.50
Costo Total					\$3,288,067.50

Promedio Dt **641.7727273**



3.- Subcontratación. (SUB)

Tabla 10 Tipos de Costos

Fuente: (Obtenida por la empresa)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250
Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

Tasa De Producción * Fuerza De Trabajo.

Capacidad de
producción en
unidades

2025

Tabla 11 Subcontratación (SUB)

Fuente: (Propia)



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Mes	Demanda Bruta (Dt) u	Inventario al final del periodo (It)	Demanda Neta (Dt) u	Producción (Pt) u	Nivel de subcontratación (St)u
0		800			
Enero	774.5		-25.5	-25.5	0
Febrero	586		586	586	0
Marzo	346.5		346.5	346.5	0
Abril	493		493	493	0
Mayo	323.5		323.5	323.5	0
Junio	278.5		278.5	278.5	0
Julio	212		212	212	0
Agosto	712		712	712	0
Septiembre	1823.5		1823.5	1823.5	0
Octubre	766.5		766.5	766.5	0
Noviembre	743.5	800	1543.5	1543.5	0

Balance de inventario al final de periodo (Itl) u	Costo de inventario \$	Costo de producción	Costo de subcontratación \$	Costo mensual \$
800				
0	\$ -	-\$ 16,575.00	0	-\$ 16,575.00
0	\$ -	-\$ 16,575.00	0	-\$ 16,575.00
0	\$ -	\$ 380,900.00	0	\$ 380,900.00
0	\$ -	\$ 225,225.00	0	\$ 225,225.00
0	\$ -	\$ 320,450.00	0	\$ 320,450.00
0	\$ -	\$ 210,275.00	0	\$ 210,275.00
0	\$ -	\$ 181,025.00	0	\$ 181,025.00
0	\$ -	\$ 137,800.00	0	\$ 137,800.00
0	\$ -	\$ 462,800.00	0	\$ 462,800.00
0	\$ -	\$ 1,185,275.00	0	\$ 1,185,275.00
800	\$ 68,000.00	\$ 498,225.00	0	\$ 566,225.00
Costo Total				\$ 1,103,700.00



4.5 Diseñar recomendación de mejora

El diseño o recomendación de mejora con la finalidad de evitar la reincidencia de la problemática en el área de producción de CONCRETOS LAR SA DE CV , es que se siga llevando la misma secuencia de cumplir con los estándares establecidos y normas requeridas para generar un concreto hidráulico, con un mejor aspecto.

En el 4.4 en la evaluación de la estrategia de planeación agregada que permite minimizar los costos operativos se evaluaron 3 métodos los cuales fueron estrategia de Variación de la Fuerza de Trabajo (VFT), Variación de la Nivelación de Inventario (VNI) y la Subcontratación (SUB) , para así poder dar una recomendación de mejora en el 4.5 y la recomendación que se le recomienda en el área de producción , es la estrategia de planeación agregada de la subcontratación (SUB) , ya que reduce los costos y así se evita gastar más de lo necesario.

Tabla 12 Costos Generales.

Fuente: (Propia)

Tasa de producción por trabajador-periodo	\$4.5
Fuerza de Trabajo	\$450
Costo de Contratación	\$650
Costo de Despido	\$1250
Costo de Producción	\$600
Costo de Mantener el inventario	\$85
Inventario inicio horizonte	\$800
Inventario final del horizonte	\$800
Costo de Faltante de inventario	\$100
Costo de Subcontratación	\$640
Costo de producción en Tiempo Extra	\$80

Tasa De Producción * Fuerza De Trabajo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Capacidad de
producción en
unidades

2025

Tabla 13 Subcontratación (SUB)

Fuente: (Propia)

Mes	Demanda Bruta (Dt) u	Inventario al final del periodo (It)	Demanda Neta (Dt) u	Producción (Pt) u	Nivel de subcontratación (St)u
0		800			
Enero	774.5		-25.5	-25.5	0
Febrero	586		586	586	0
Marzo	346.5		346.5	346.5	0
Abril	493		493	493	0
Mayo	323.5		323.5	323.5	0
Junio	278.5		278.5	278.5	0
Julio	212		212	212	0
Agosto	712		712	712	0
Septiembre	1823.5		1823.5	1823.5	0
Octubre	766.5		766.5	766.5	0
Noviembre	743.5	800	1543.5	1543.5	0



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

Balance de inventario al final de periodo (Itl) u	Costo de inventario \$	Costo de producción	Costo de subcontratación \$	Costo mensual \$
800				
0	\$ -	-\$ 16,575.00	0	-\$ 16,575.00
0	\$ -	-\$ 16,575.00	0	-\$ 16,575.00
0	\$ -	\$ 380,900.00	0	\$ 380,900.00
0	\$ -	\$ 225,225.00	0	\$ 225,225.00
0	\$ -	\$ 320,450.00	0	\$ 320,450.00
0	\$ -	\$ 210,275.00	0	\$ 210,275.00
0	\$ -	\$ 181,025.00	0	\$ 181,025.00
0	\$ -	\$ 137,800.00	0	\$ 137,800.00
0	\$ -	\$ 462,800.00	0	\$ 462,800.00
0	\$ -	\$ 1,185,275.00	0	\$ 1,185,275.00
800	\$ 68,000.00	\$ 498,225.00	0	\$ 566,225.00
Costo Total				\$ 1,103,700.00

Este es el método que se le recomienda a la empresa de CONCRETOS LAR SA DE CV , ya que al compararlo con los otros dos métodos de la planeación agregada , es de subcontratación (SUB) , ya que al poner los diferentes costos que genera la empresa, al obtener los costos mensuales , se obtuvo un costo total menor.



Conclusión

Hemos concluido con la elaboración de esta Tesis aplicada en la empresa CONCRETOS LAR SA DE CV , lo principal fue buscar que problemática se presentaba , en el área de producción y afectaba a la empresa, lo cual yo identifique que su problemática que tenía era la poca producción en la venta de su concreto hidráulico por los distintos factores que se presentaban por la baja venta , por las distintas concreteras lo cual yo propuse la minimización de costos operativos a través de la aplicación de planeación agregada en el área de concretos de la empresa CONCRETOS LAR, SA DE CV en la ciudad de Tuxpan Veracruz para así poder minimizar sus costos y no afectar la materia prima como la producción a través de la planeación agregada.

Como principal punto tomamos en cuenta las 5 materias primas que se utilizan a la elaboración del concreto hidráulico. También se tomó en cuenta su proceso operativo, a través de un diagrama de flujo , considerando los costos que se generan día con día, el costo de la materia prima. Para así poder hacer un modelo de pronóstico del mes de enero-noviembre con los metros cúbicos que se generaron por semana para obtener su demanda real y representarlo a través de graficas en minitad.

La producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios que serán utilizados para satisfacer una necesidad , tomando en cuenta que la planeación agregada de la producción es uno de los aspectos para ofrecer un mejor servicio al cliente que requiere un trabajo en equipo para ayudar a mantener equilibrada la empresa en la oferta y demanda. Considerando su proceso de ventas de concretos, su proceso de concreto, el ciclo PHVA que es una estrategia para mejorar procesos.

Tomando en cuenta la estrategia de planeación agregada, los costos operativos, sus modelos de pronósticos, el promedio móvil, suavizamiento exponencial, regresión lineal , el error absoluto medio porcentual (MAPE), la Desviación absoluta media (MAD) y la Desviación Cuadrática Media (MSD).



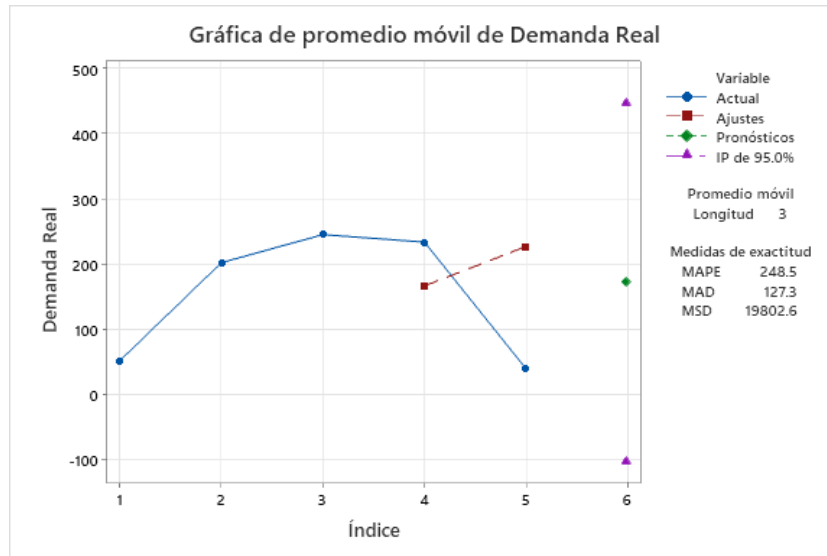
El clima es un factor que siempre tiene incidencia en algunos de los aspectos de la vida , ahora en el medio de la construcción su participación también juega un papel preponderante y de alguna forma logra determinar diversos de los aspectos relacionados con la vida útil de los proyectos. Las reacciones que se esperan del material no siempre son las mismas, dependen no solo de la tecnología que se utilice , sino también de la condición ambiental en la cual el material vaya a ser vaciado o utilizado al producir.

El ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es una estrategia interactiva de resolución de problemas para mejorar procesos e implementar cambios. El ciclo PHVA es una técnica útil para abordar, analizar y resolver problemas en empresas. Dado que el ciclo PHVA se basa en el proceso de mejora continua, ofrece un alto nivel de flexibilidad y mejora iterativa. Tomando en cuenta que la regresión lineal es una técnica de modelado estadístico que se emplea para describir una variable de respuesta continua como una función de una o varias variables predictoras.

Los pronósticos son una parte muy importante en la planeación de las empresas e instituciones ya que todos los departamentos de estas elaboran sus planes operativos, objetivos, presupuestos y programas basados en ellos. Por lo antes señalado es fácil darse cuenta de la gran importancia que tienen los pronósticos en la etapa de planeación de todos los negocios. Todos los modelos existentes de pronósticos se basan en datos históricos de la variable que se va a pronosticar para obtener de ellos proyecciones hacia el futuro

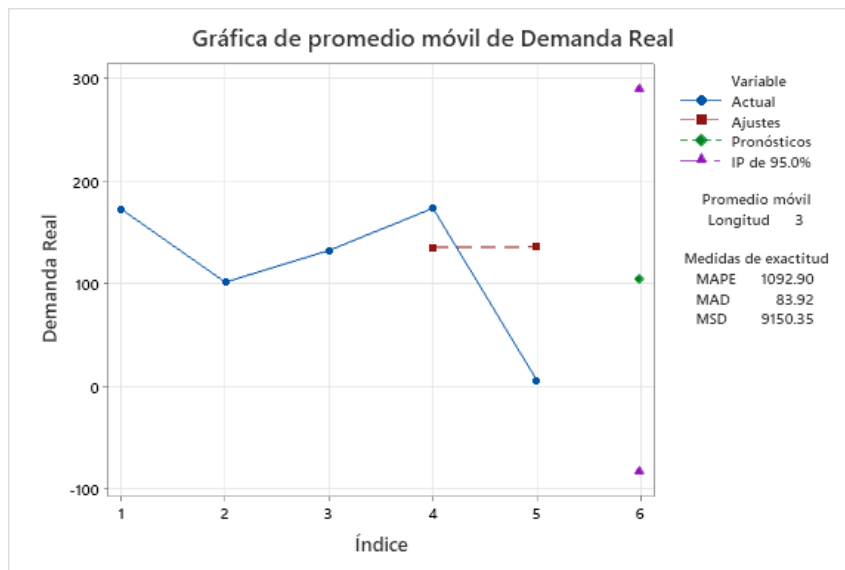


Anexos:



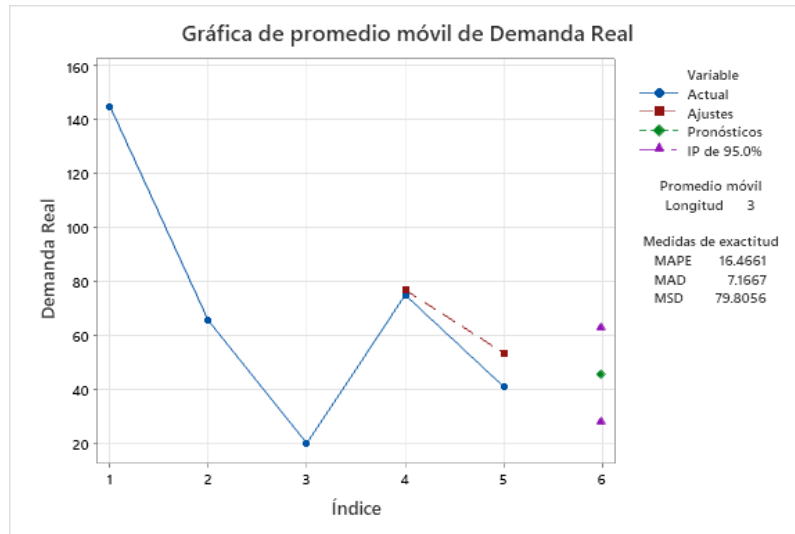
Anexos 1 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de Enero

Fuente: (Minitab)



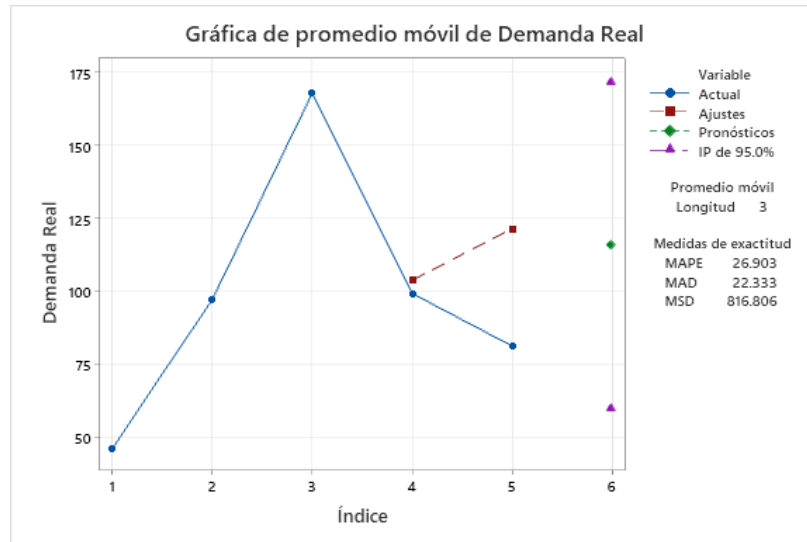
Anexos 2 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de Febrero.

Fuente: (Minitab)



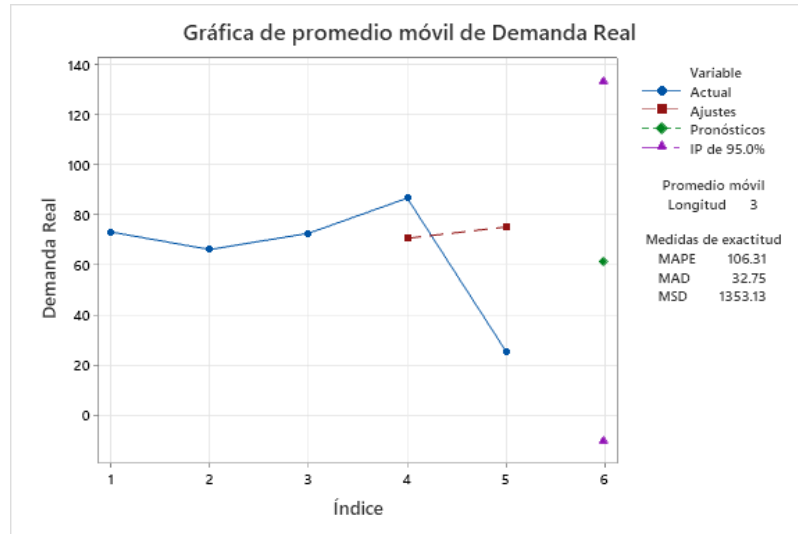
Anexos 3 Gráfica de Promedio de Demanda Real de Marzo.

Fuente: (Minitab)



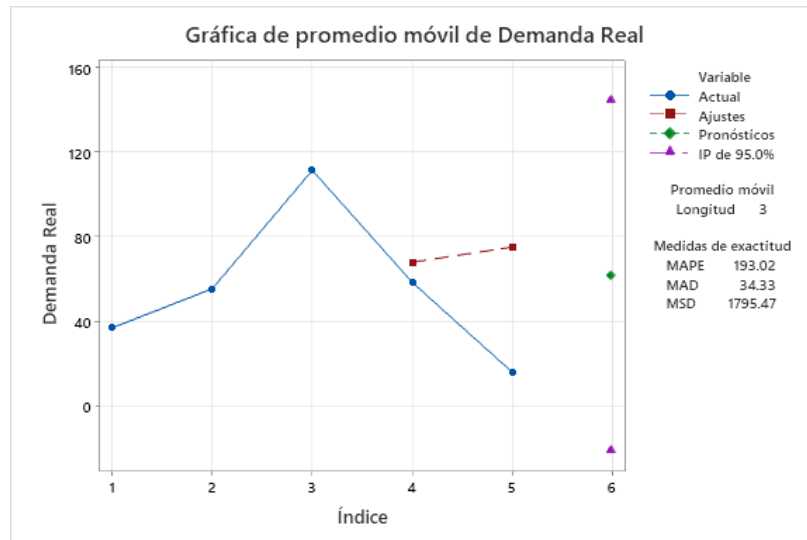
Anexos 4 Gráfica de Promedio de Demanda Real de Abril.

Fuente: (Minitab)



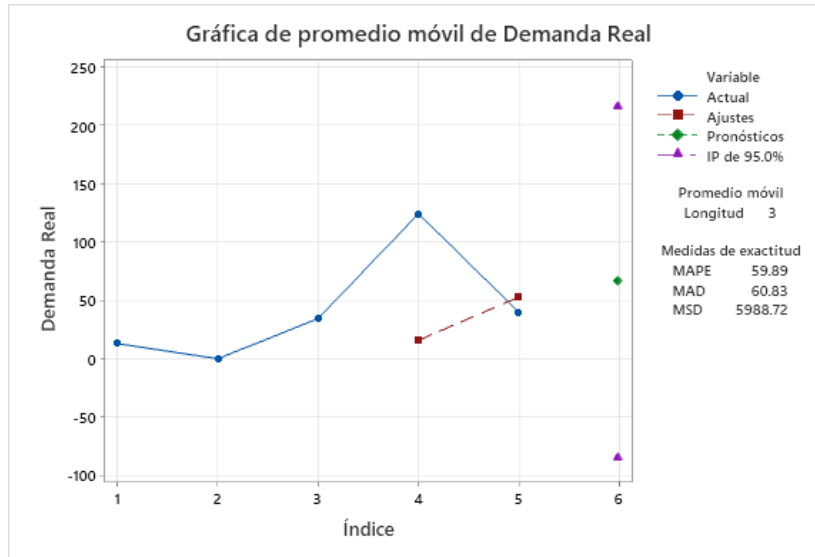
Anexos 5 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de Mayo.

Fuente: (Minitab)



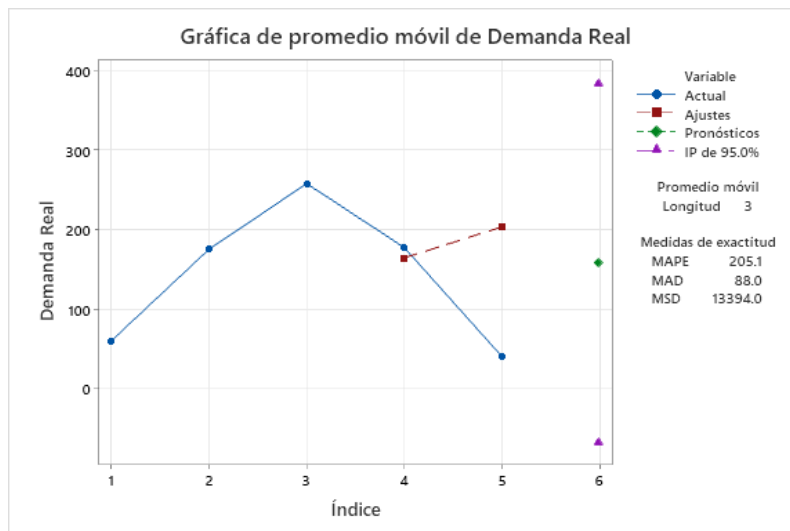
Anexos 6 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de Junio.

Fuente: (Minitab)



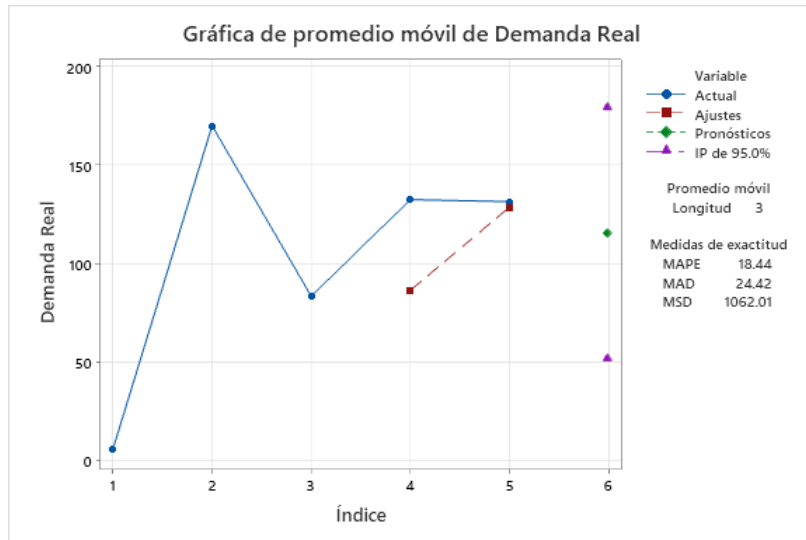
Anexos 7 Grafica de Promedio Móvil de Demanda Real de Julio.

Fuente: (Minitab)



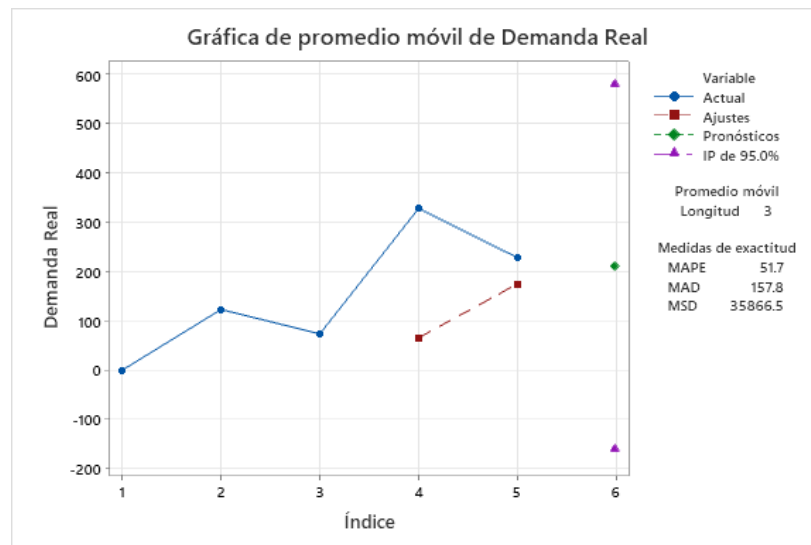
Anexos 8 Grafica de Promedio Móvil de Demanda Real de Agosto.

Fuente: (Minitab)



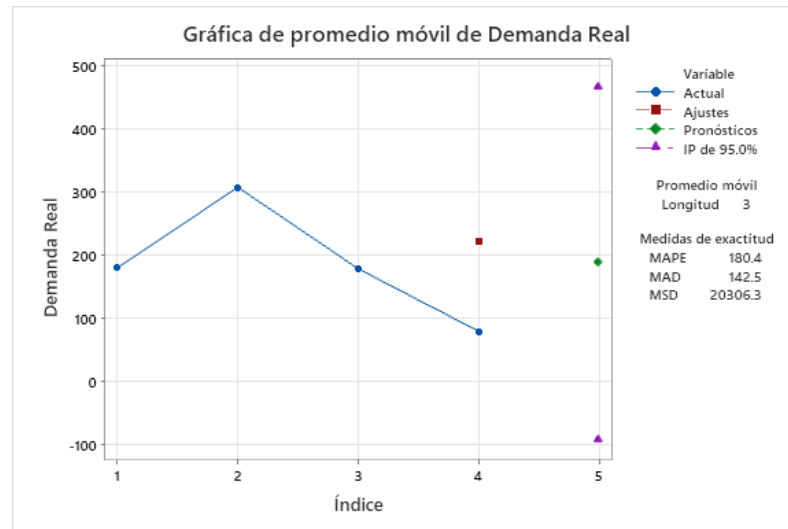
Anexos 9 Grafica de Promedio Móvil de Demanda Real de Septiembre.

Fuente: (Minitab)



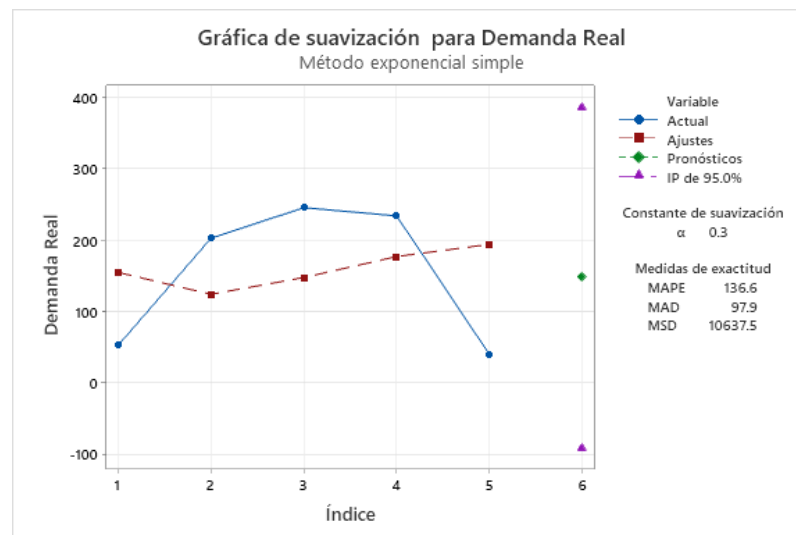
Anexos 10 Grafica de Promedio Móvil de Demanda Real de Octubre.

Fuente: (Minitab)



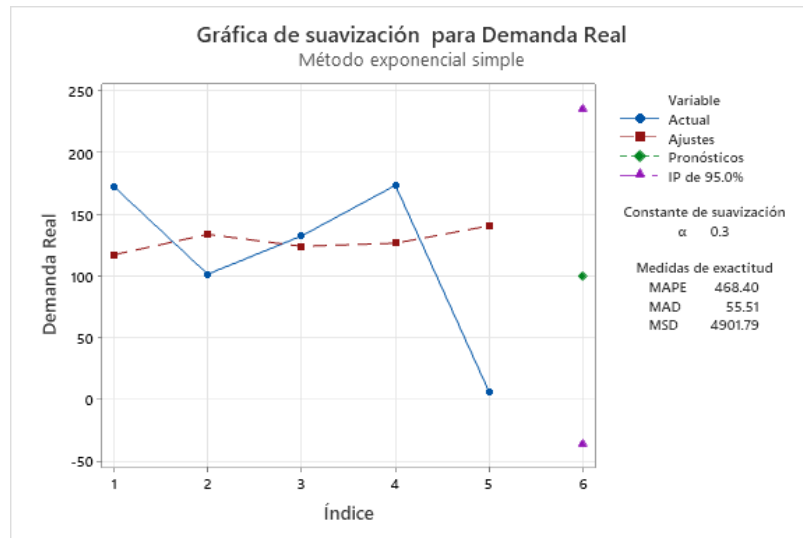
Anexos 11 Gráfica de Promedio Móvil de Demanda Real de Noviembre.

Fuente: (Minitab)



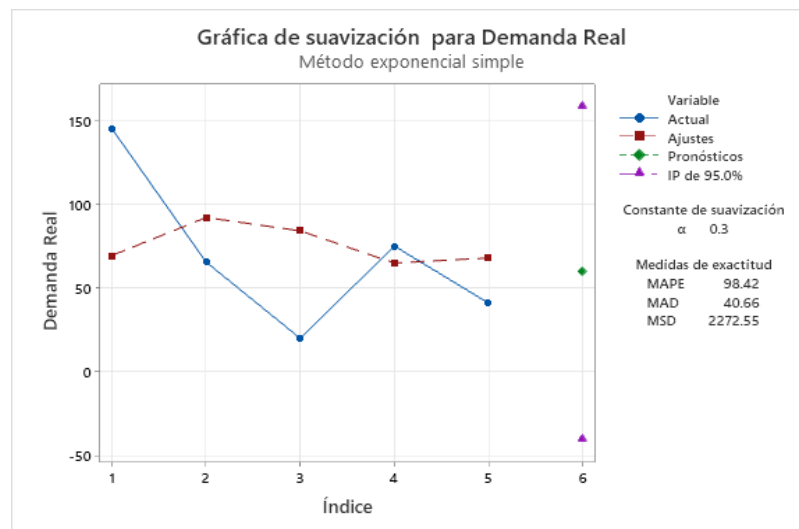
Anexos 12 Gráfica de Suavización para Demanda Real de Enero.

Fuente: (Minitab)



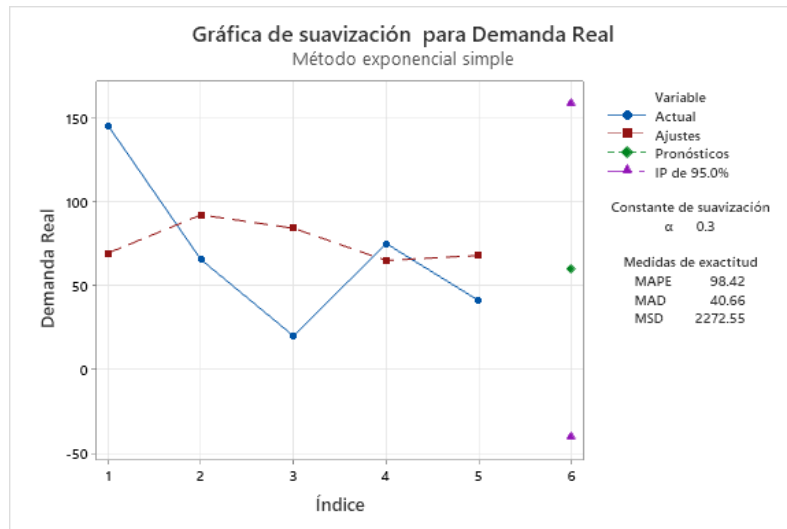
Anexos 13 Grafica de Suavización para Demanda Real de Febrero.

Fuente: (Minitab)



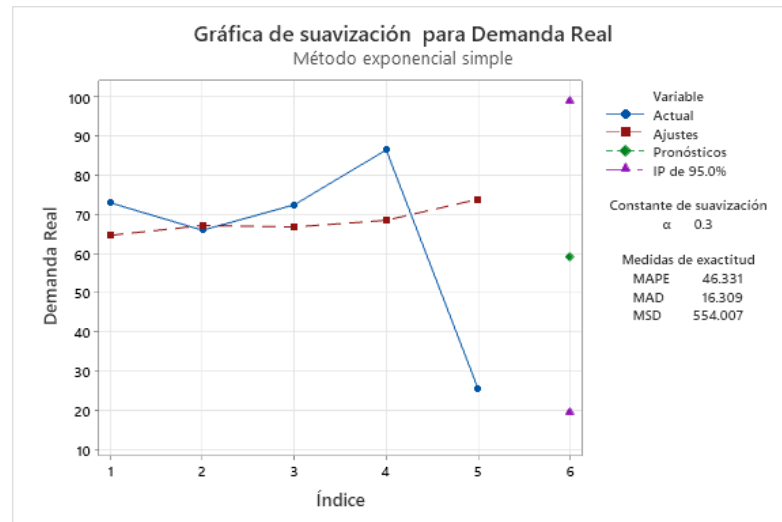
Anexos 14 Grafica de Suavización para Demanda Real de Marzo.

Fuente: (Minitab)



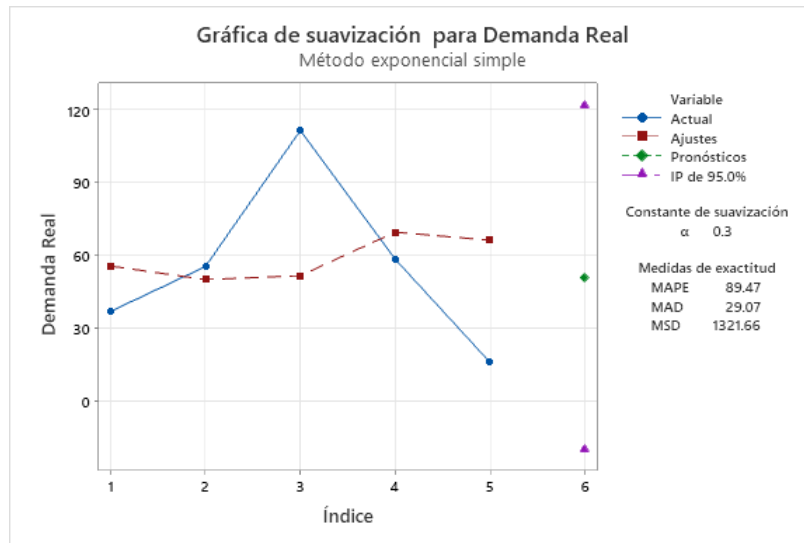
Anexos 15 Grafica de Suavización para Demanda Real de Abril.

Fuente: (Minitab)



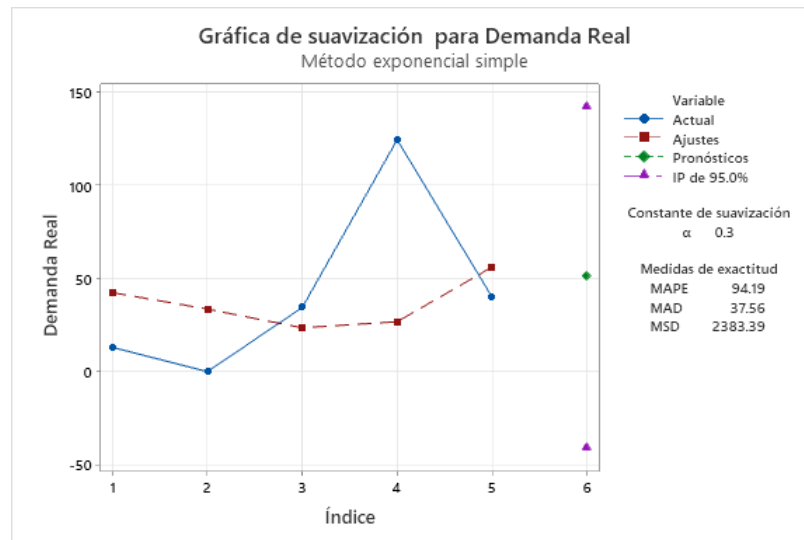
Anexos 16 Grafica de Suavización para Demanda Real de Mayo.

Fuente: (Minitab)



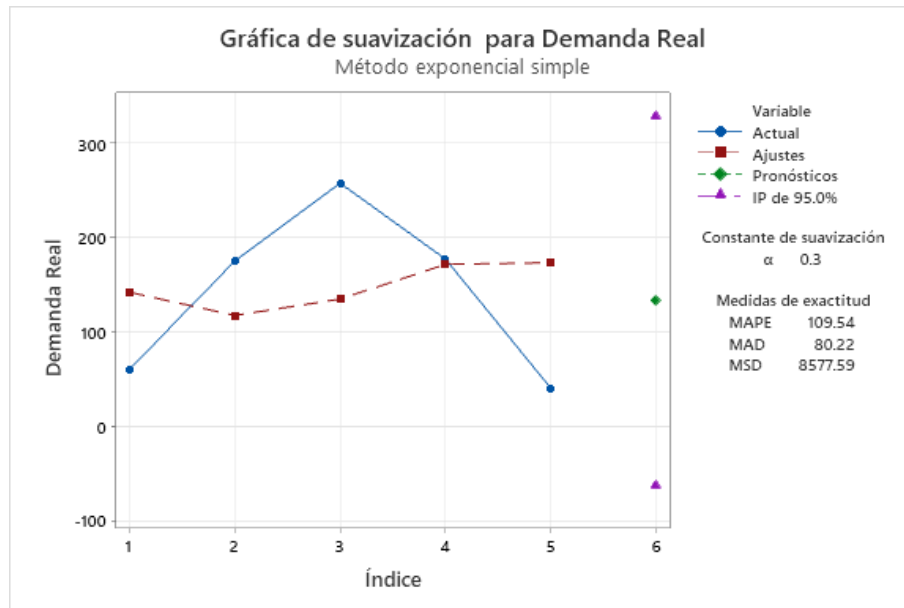
Anexos 17 Grafica de Suavización para Demanda Real de Junio.

Fuente: (Minitab)



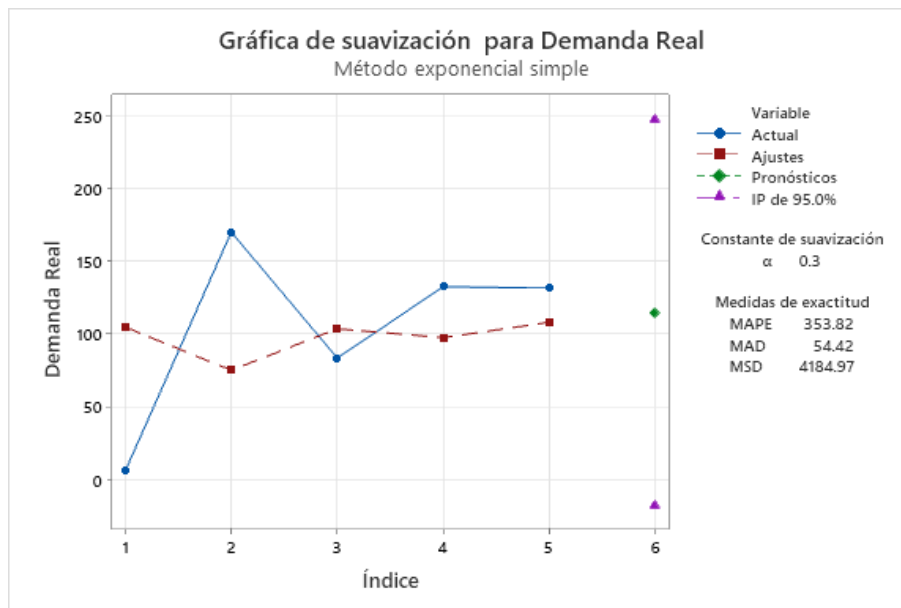
Anexos 18 Grafica de Suavización para Demanda Real de Julio.

Fuente: (Minitab)



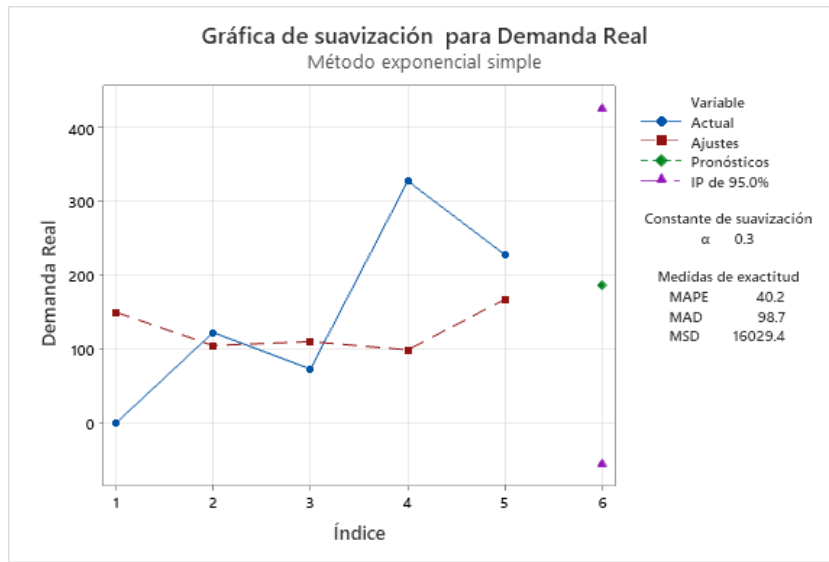
Anexos 19 Grafica de Suavización para Demanda Real de Agosto.

Fuente: (Minitab)



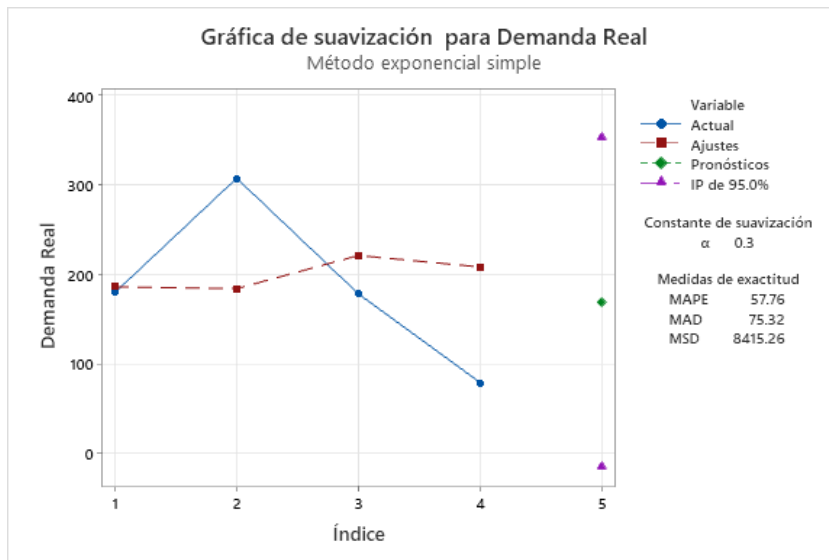
Anexos 20 Grafica de Suavización para Demanda Real de Septiembre.

Fuente: (Minitab)



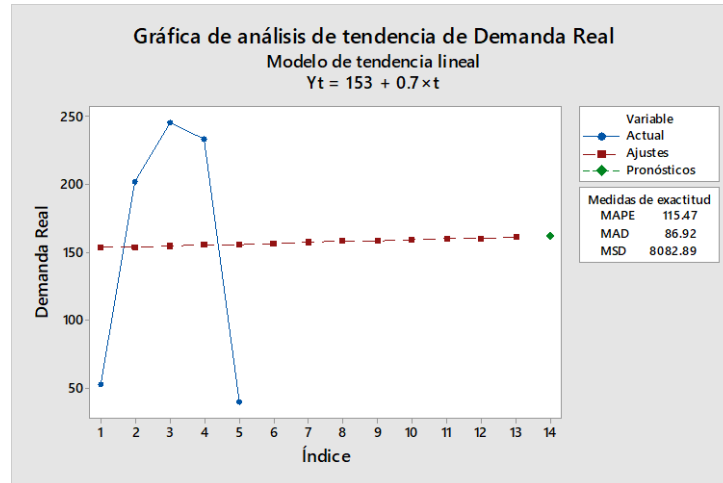
Anexos 21 Grafica de Suavización para Demanda Real de Octubre.

Fuente: (Minitab)



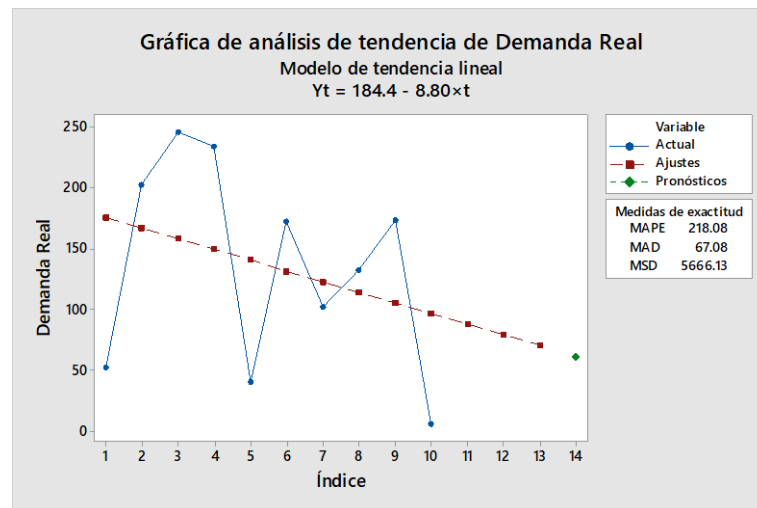
Anexos 22 Grafica de Suavización para Demanda Real de Noviembre.

Fuente: (Minitab)



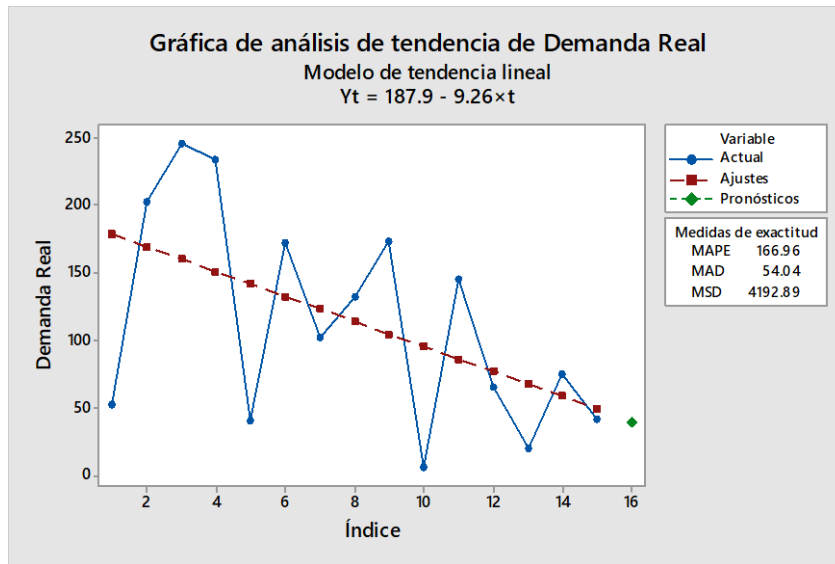
Anexos 23 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Enero.

Fuente: (Minitab)



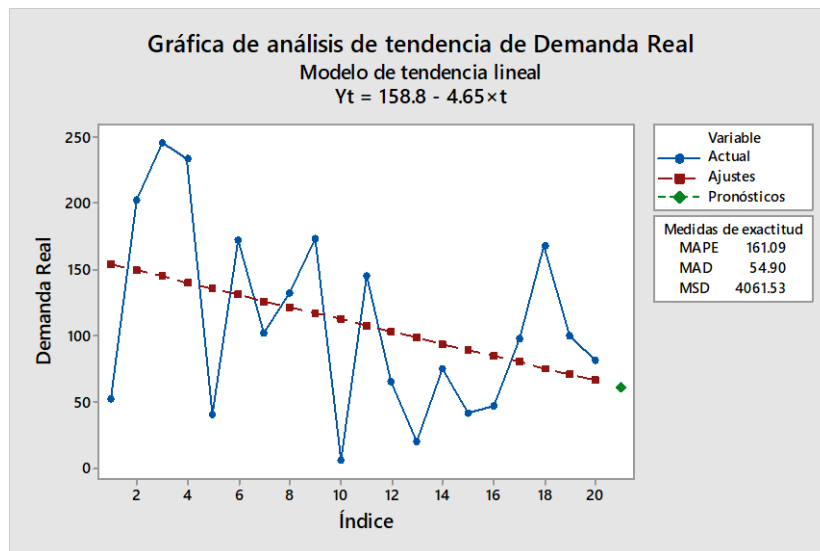
Anexos 24 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Febrero.

Fuente: (Minitab)



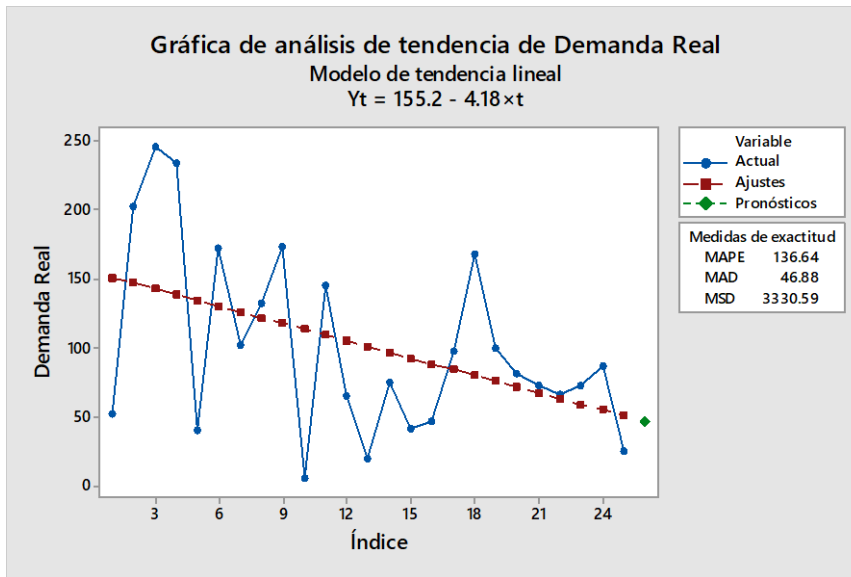
Anexos 25 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Marzo.

Fuente: (Minitab)



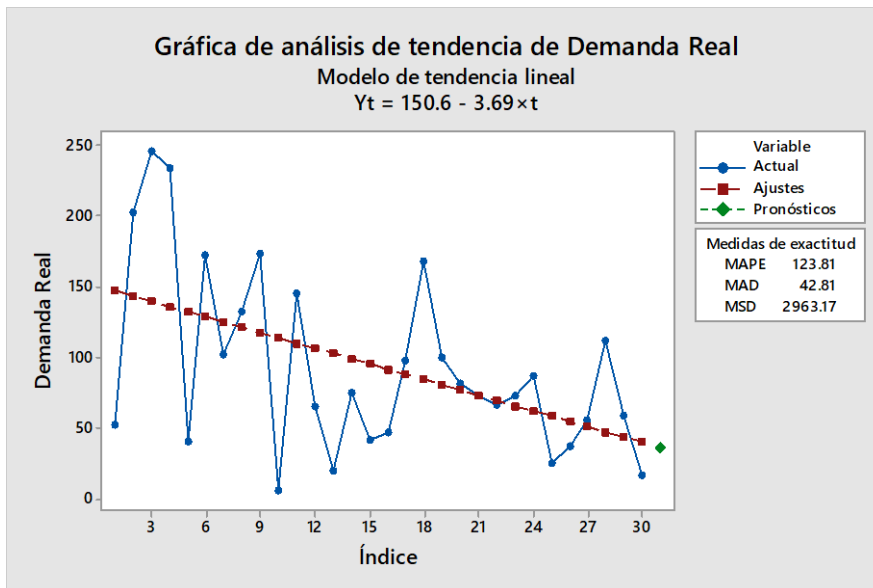
Anexos 26 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Abril.

Fuente: (Minitab)



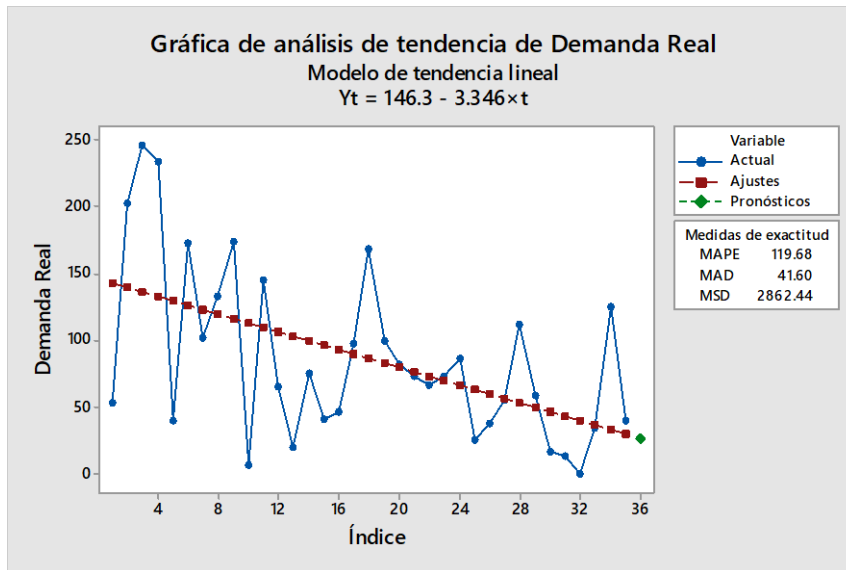
Anexos 27 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Mayo.

Fuente: (Minitab)



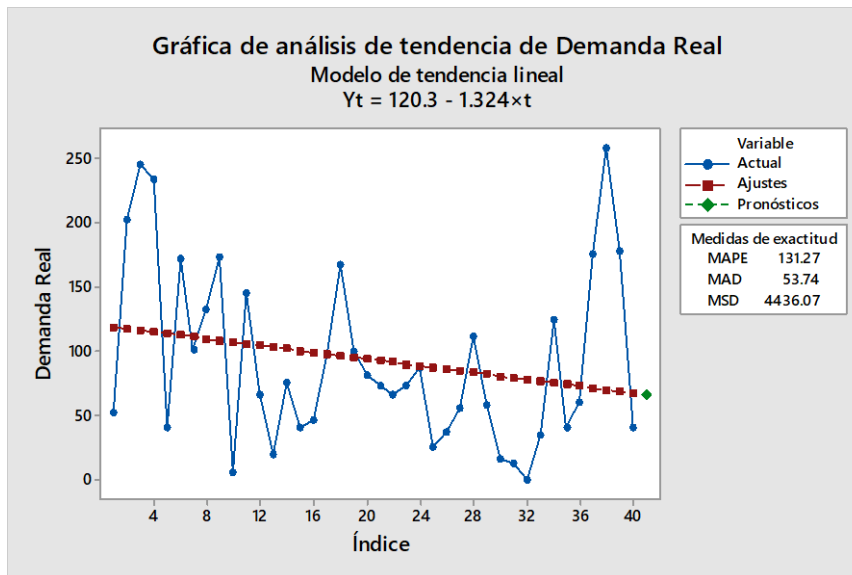
Anexos 28 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Junio.

Fuente: (Minitab)



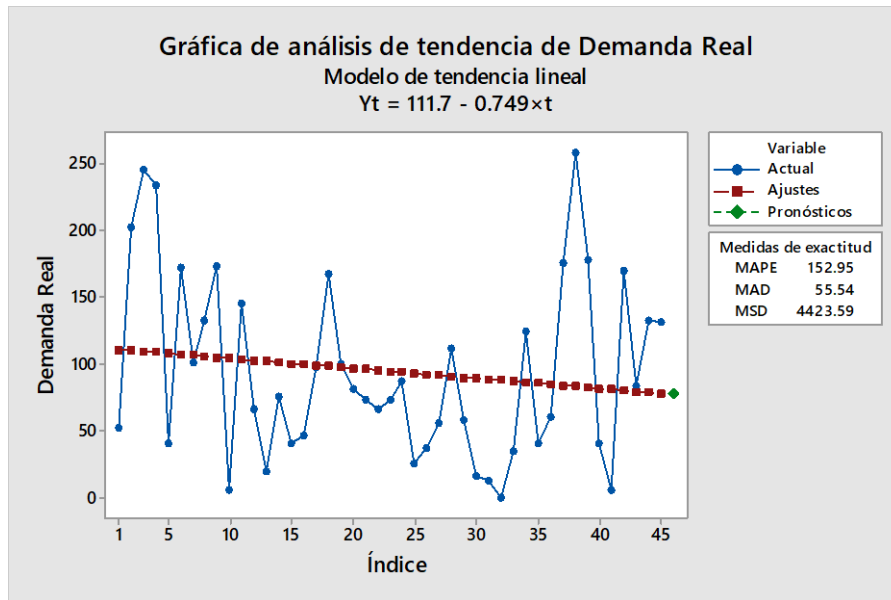
Anexos 29 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Julio.

Fuente: (Minitab)



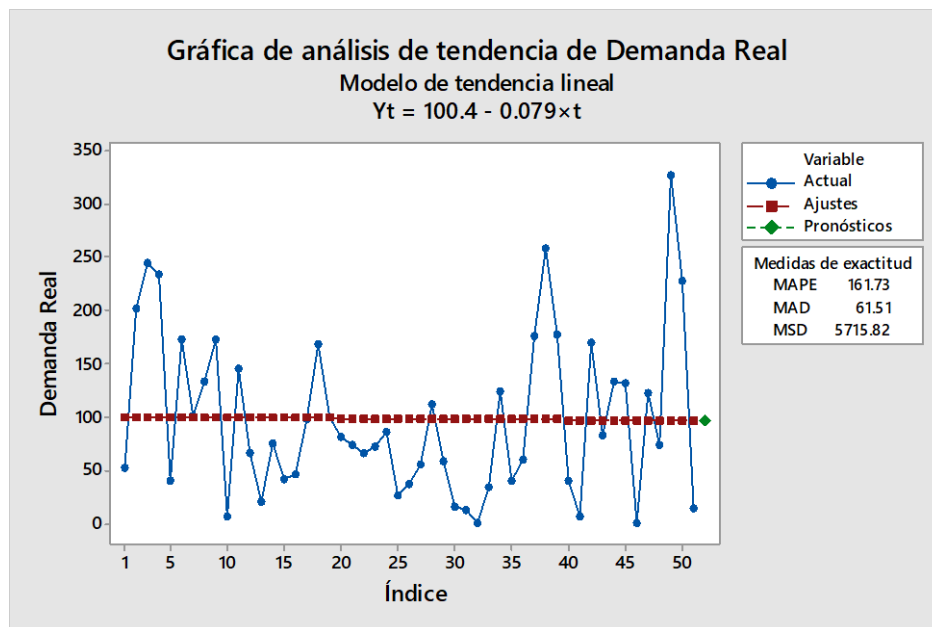
Anexos 30 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Agosto.

Fuente: (Minitab)



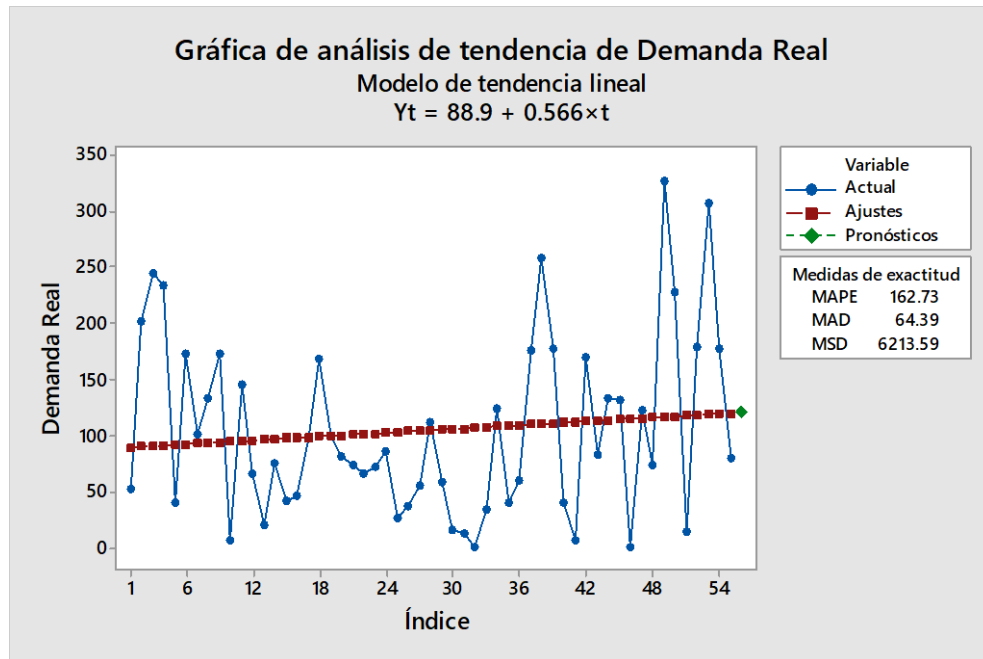
Anexos 31 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Septiembre.

Fuente: (Minitab)



Anexos 32 Gráfica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Octubre.

Fuente: (Minitab)



Anexos 33 Grafica de Análisis de Tendencia de Demanda Real de Noviembre.

Fuente: (Minitab)



Bibliografía:

- Quiroa, M. (2022, 31 enero). *Producción*. Economipedia. Recuperado 8 de octubre de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/produccion.html>
- Definición de Producción - Medición, Pública y Privada. (s. f.). Recuperado 8 de octubre de 2022, de <https://economia.org/produccion>.
- Que beneficios, ventajas y desventajas tiene un plan de producción agregada ? (2021, 15 febrero). Mira cómo se hace. Recuperado 21 de diciembre de 2022, de <https://miracomosehace.com/beneficios-ventajas-desventajas-plan-produccion-agregada/>
- Pérez, Mariana. (Última edición: 11 de mayo del 2021). Definición de Producción. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/produccion/>. Consultado el 7 de septiembre del 2022
- Que es el costo operativo ? Aprende que hacer para reducir gastos. (2021, 29 julio). Maplink Blog. Recuperado 26 de enero de 2022, de <https://maplink.global/blog/es/cual-es-costo-operativo/>
- Moya, D. P. (2022, 4 marzo). Costos operativos de una empresa. Gestionar Fácil. <https://www.gestionar-facil.com/costos-operativos-de-una-empresa/>
- GestioPolis.com Experto. (2002, diciembre 18). ¿Qué es un pronóstico? Características y métodos. Recuperado de <https://www.gestipolis.com/que-es-un-pronostico-caracteristicas-y-metodos/>
- Enrique Rus Arias, 04 de noviembre, 2020 Suavización exponencial. Economipedia.com <https://economipedia.com/definiciones/suavizacion-exponencial.html>
- Sy Corvo, Helmut. (25 de abril de 2019). **Suavizamiento exponencial: método y ejemplo**. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/suavizamiento-exponencial/>
- Hanke, John E. y Wichern, Dean W. Pronósticos en los negocios. Pearson Educación, 2006, pp. 1-13



- Keat, Paul G. y Young, Philip K. Y. Economía de empresa. Pearson Educación, 2004, pp. 221-269
- Robbins, Stephen P. Administración. Pearson Educación, 2005, p.209
- Aguilar J.A. (2009). Material de la materia LOG533. Presentaciones en PowerPoint.
- Nahmias S. (2007). Análisis de la producción y las operaciones. Ed. McGraw Hill.
- Sule D.R. (2008). Production Planning and Industrial Scheduling. Ed. CRC Press.
- Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C., Jacobs F.R. (2005). Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management. Ed. McGraw Hill.
- Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) en un pronóstico de demanda. (2019, 8 octubre). Gestión de Operaciones. Recuperado 26 de diciembre de 2022, de <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/error-porcentual-absoluto-medio-mape-en-un-pronostico-de-demanda/>
- MAD (Desviación media absoluta). (s. f.). https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs_common/PFUSU/insights_metrics_MAD.htm
- tok.wiki. (s. f.). Desplazamiento cuadrático medio Derivación del MSD para una partícula browniana en 1DyDerivación para n dimensiones. https://hmong.es/wiki/Mean_squared_displacement
- ¿Qué es la regresión lineal? (s. f.). MATLAB & Simulink. <https://la.mathworks.com/discovery/linear-regression.html>
- GestioPolis.com Experto. (2003, abril 17). *¿Qué es la planeación agregada?* Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/que-es-la-planeacion-agregada/>