

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**DETERMINACIÓN DE DEMANDAS ASERTIVAS A
FUTURO UTILIZANDO MODELOS DE PRONÓSTICOS EN
UNA COMPAÑÍA DE EMPAQUES**

TESIS

QUE PRESENTA:

RICARDO ERNESTO CAÑEDO OLIVA

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

CD. JUÁREZ, CHIH.

DICIEMBRE, 2022

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Ciudad Juárez, Chihuahua, **5/enero/2023**
Oficio: DEPI/002/2023
Asunto: Autorización impresión de tesis

**C. RICARDO ERNESTO CAÑEDO OLIVA
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
PRESENTE**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de Tesis titulado **“DETERMINACIÓN DE DEMANDAS ASERTIVAS A FUTURO UTILIZANDO MODELOS DE PRONÓSTICOS EN UNA COMPAÑÍA DE EMPAQUES”** ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **IMPRESIÓN DEFINITIVA DE SU TRABAJO DE TESIS.**

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®



**C. EDUARDO RAFAÉL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

ccp. Departamento de Servicios Escolares
División de Estudios Profesionales

ERPO/dmsp



Av. Tecnológico 1340 Fracc. El Crucero C.P. 32500 Cd. Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500
e-mail: comunicación_y_difusión@cdjuarez.tecnm.mx | tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx



2022 Ricardo
Flores
Magón
AÑO DE
FRESCOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

**C. EDUARDO RAFAÉL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE.**

Por medio de la presente se hace constar que la Tesis denominada **“DETERMINACIÓN DE DEMANDAS ASERTIVAS A FUTURO UTILIZANDO MODELOS DE PRONÓSTICOS EN UNA COMPAÑÍA DE EMPAQUES”**, que presenta el alumno **C. RICARDO ERNESTO CAÑEDO OLIVA**, con número de control **M12340474**, para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Administrativa, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente constancia a petición del interesado y para los fines legales que a él mismo convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los dos días del mes de noviembre del año dos mil veintidós.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®



**C. MANUEL ALONSO RODRÍGUEZ MORACHIS
DIRECTOR**



**C. LIZETTE ALVARADO TARANGO
CO-DIRECTORA**



**C. LUZ ELENA TERRAZAS MATA
REVISORA**



**C. DIEGO ADIEL SANDOVAL CHÁVEZ
REVISOR**

ccp. Coordinación de Titulación
Alumno



Av. Tecnológico 1340 Fracc. El Crucero C.P. 32500 Cd. Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500
e-mail: comunicación_y_difusión@cdjuarez.tecnm.mx | tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx



2022 Flores
Año de Magón
RECORDEDOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En Ciudad, Juárez, Chihuahua, México, siendo el día 6 de Enero del año 2023, el que suscribe, Ing. Ricardo Ernesto Cañedo Oliva, alumno del Programa de la Maestría en Ingeniería Administrativa, con número de control M12340474, adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis y cede los derechos del trabajo titulado "Determinación de Demandas Asertivas a Futuro Utilizando Modelos de Pronósticos en una Compañía de Empaques", al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el consentimiento expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ricardocanedooliva@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente



Ing. Ricardo Ernesto Cañedo Oliva

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quiero agradecer al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez y al Instituto Tecnológico de Nogales por este maravilloso programa en conjunto que se otorgó a los estudiantes de Nogales, a los docentes del Tecnológico de Ciudad Juárez que con su experiencia y amplio conocimiento hicieron de esta maestría una experiencia muy satisfactoria, en especial el agradecimiento a los maestros que nos pudieron acompañar de manera presencial previo a la pandemia por Covid-19, el Dr. Diego Adiel Sandoval Sanchez, M.C Luz Elena Tarango, Dr. Alfonso Aldape Alamillo (Q.E.P.D.) y al Dr. Manuel A. Rodríguez Medina.

Quiero también agradecer a la Dra. Luz Elena Terrazas y a la M.C Lizette Alvarado por sus atenciones brindadas en cada uno de nuestros viajes a Ciudad Juárez.

A mis compañeros de clase con quienes viví muchas experiencias y con quienes pude formar una amistad cercana.

Por último, el agradecimiento más importante, al Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis ya que, sin sus conocimientos, sus consejos, su perseverancia y empeño a este proyecto, nada de esto hubiera sido posible siendo pues una parte fundamental en mi desarrollo en este nuevo grado que obtengo.

DEDICATORIA

A mi esposa Grecia Paola Cárdenas Ibarra, por impulsarme a culminar este proyecto en mi vida, por estar conmigo en cada momento difícil y ser esa ayuda que siempre está para mí en todo momento.

A mis padres Alma Luz Oliva y Ricardo Cañedo, quienes fueron, son y serán siempre mi ejemplo a seguir, a quienes les debo todo lo que soy e indudablemente sin ellos, esto no hubiera sido posible.

A mis hermanos Wendy, Jesús, Michelle y Liliana por ser ese aliento en momentos difíciles, por sus consejos y sobre todo por alentarme.

A mi abuelita Ernestina, a mis tíos y primos quienes forman parte de mi vida y llevo siempre en el corazón.

A mis amigos quienes aprecio y me apoyaron en el transcurso de este proyecto.

RESUMEN

Uno de los objetivos de las empresas hoy en día, es tener un control adecuado en los departamentos que son clave en los recursos de estas. Uno de los departamentos que más recursos tiene destinados es el de materiales, se dice que el 80% del capital de las empresas esta invertido en los inventarios de materia prima y materiales destinados a la producción de bienes que satisfagan las demandas de sus clientes. La incertidumbre de que construir o cuanto material tener almacenado lleva a las empresas a tener grandes cantidades de inventarios debido a que no se cuenta con una herramienta que permita prever las posibles demandas a futuro mediante el análisis de demandas y el comportamiento de los mercados.

El objetivo de esta investigación es principalmente desarrollar un modelo de pronósticos que ayude al departamento de planeación y compras de una empresa proveedora de soluciones de empaques a determinar de manera asertiva las demandas futuras que permitan mantener un nivel de inventario mínimo e implementar puntos de reorden de materiales que lo mantengan, así como satisfacer las demandas de sus clientes sin afectar sus operaciones.

En el capítulo 1 se presenta una introducción describiendo los tipos de pronósticos que existen los cuales forman parte de la investigación.

En el capítulo 2 se presentan los antecedentes de la empresa, la situación actual y la problemática a la cual se enfrenta la empresa, se definen los objetivos de la investigación, la hipótesis a probar y se establece la delimitación.

La revisión de la literatura se llevó a cabo en el capítulo 3, se mencionan la importancia del control de inventarios y los pronósticos de tipo cualitativo dando énfasis a los de tipo cuantitativo ya que en estos se fundamenta la investigación que tiene como objetivo determinar demandas futuras mediante estas herramientas para ayudar a la empresa a optimizar sus niveles de inventarios.

En el capítulo 4 se describe la metodología a seguir, los materiales utilizados a través de la investigación y se mencionan los métodos de pronósticos a desarrollar dados los comportamientos de los materiales seleccionados para el estudio.

En el capítulo 5 se muestra el desarrollo de los modelos seleccionados aplicados en los números de parte sujetos a estudio, se realizan las pruebas de normalidad y los análisis con estadística no paramétrica para determinar si los pronósticos son estadísticamente confiables.

Por último, en el capítulo 6 se muestran las conclusiones a las que se llega durante la investigación, se le da respuesta a la pregunta de investigación y a la hipótesis planteada, se determina si los objetivos presentados al inicio de la investigación se cumplieron y se dan algunas recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
CONTENIDO	ix
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE FIGURAS (Continuación)	xiv
LISTA DE FIGURAS (Continuación)	xv
INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Definición del Problema	7
2.3 Pregunta de Investigación	7
2.4 Hipótesis	7
3.1 Objetivo General.....	8
3.1 Justificación	8
2.7 Delimitaciones.....	8
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Inventarios.....	10
3.1.1 Tipos de Inventarios	10
3.1.2 Análisis de Inventarios.....	11
3.1.3 Control de Inventarios	14
3.1.4 Modelos de Inventario	14
3.1.5 Costo del Inventario.....	15
3.1.5.1 Costo de Ordenar	15
3.1.5.2 Costo de Mantener Inventario	16

3.1.5.3 Costo por Faltante	17
3.2 Pronósticos	17
3.2.1 Características de los Pronósticos	18
3.2.2 Pronósticos Cualitativos	20
3.2.3 Modelos de Proyección Histórica	21
3.2.3.1 Método de Regresión Lineal.....	22
3.2.3.2 Promedios Móviles	25
3.2.3.3 Suavización Exponencial.....	26
3.2.3.4 Modelo de Holt	27
3.2.3.5 Modelo Holt-Winters	28
3.2.3.6 Método Box-Jenkins	30
3.2.4 Métodos Causales.....	31
3.3 Proceso de los Pronósticos.....	32
3.3.1 Horizonte de Tiempo	34
3.4 Tendencia y Estacionalidad	34
3.5 Error de Pronóstico	35
3.5.1 Desviación Media Absoluta	36
3.5.2 Error Medio de Pronóstico.....	38
3.5.3 Error Porcentual Absoluto Medio.....	39
3.6 Pasos para Pronosticar	40
3.7 Importancia de los Pronósticos	42
3.8 Enfoques de Pronóstico	43
3.9 Aplicaciones de los Pronósticos.....	43
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
4.1 Materiales.....	45
4.1.1 Tipo de Investigación.....	45
4.2 Métodos	46
4.2.1 Etapas de la Investigación.....	47
4.2.2 Recopilación de Datos Históricos.....	48
4.2.3 Análisis de Datos y Situación Actual.	49

4.2.3.1 Producto CONT-98-5000-0054-3-00	49
4.2.3.2 Producto CONT-98-5000-0055-4-00	51
4.2.3.3 Producto CONT-98-5000-0055-5-00	52
4.2.3.4 Producto CONT-98-9005-8126-00-0	54
4.2.3.5 Producto CONT-98-9005-8127-0-00	55
4.2.4 Seleccionar Métodos de Pronósticos.	57
4.2.5 Conclusiones, Seguimiento y Verificación del Modelo.	59
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
5.1 Presentación de Resultados	60
5.1.1 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0054-3-00	60
5.1.2 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0055-4-00	66
5.1.3 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0055-5-00	71
5.1.4 Presentación de Resultados CONT-98-9005-8126-0-00	76
5.1.5 Presentación de Resultados CONT-98-9005-8127-0-00	82
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6.1 Conclusiones	88
6.2 Respuesta a la Pregunta de Investigación	89
6.3 Análisis de la Hipótesis de Investigación.....	90
6.4 Verificación del Objetivo General de Investigación	90
6.5 Recomendaciones.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación de Artículos por Sistema ABC.....	13
Tabla 3.2 Selección de Método de Pronósticos Fuente: Esparza-Esparza (2017).....	41
Tabla 4.1 Etapas de la Investigación.....	48
Tabla 4.1 Etapas de la Investigación (Continuación).....	49
Tabla 4.2 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0054-3-00.....	50
Tabla 4.3 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0055-4-00.....	51
Tabla 4.4 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0055-5-00.....	53
Tabla 4.5 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-9005-8126-0-00.....	54
Tabla 4.6 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-9005-8127-0-00.....	56
Tabla 5.1 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020.....	61
Tabla 5.2 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada.....	62
Tabla 5.3 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020.....	66
Tabla 5.4 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada.....	68
Tabla 5.5 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020.....	72
Tabla 5.6 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada.....	73
Tabla 5.7 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020.....	77
Tabla 5.8 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada.....	79
Tabla 5.9 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020.....	83
Tabla 5.10 Demanda Real Comparada vs Demanda Ajustada.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Relación Total del Nivel de Inventario y Cantidad de Dólares en <i>Aging</i>	4
Figura 2.2 Proyección de Cliente Contra Uso Real.....	5
Figura 2.3 Relación de Ventas con Niveles de Inventario.....	6
Figura 3.1 Clasificación ABC.....	12
Figura 3.2 Costo de Mantener el Inventario.....	17
Figura 3.3 Principales Métodos Cualitativos.....	21
Figura 3.4 Modelos Cuantitativos o de Proyección Histórica.....	31
Figura 3.5 Métodos Causales.....	32
Figura 3.6 Horizontes de Tiempo de los Pronósticos.....	34
Figura 4.1 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-5000-0054-3-00.....	50
Figura 4.2 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-5000-0055-4-00.....	52
Figura 4.3 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-5000-0055-5-00.....	53
Figura 4.4 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-9005-8126-0-00.....	55
Figura 4.5 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-9005-8127-0-00.....	56

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

Figura 5.1 Análisis de Tendencia para CONT-98-5000-0054-3-00.....	61
Figura 5.2 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$	62
Figura 5.3 Prueba de Normalidad con Datos Reales.....	63
Figura 5.4 Prueba de Normalidad con Datos Pronosticados.....	63
Figura 5.5 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0054-3-00.....	64
Figura 5.6 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados.....	65
Figura 5.7 Análisis de Tendencia para CONT-98-5000-0055-5-00.....	66
Figura 5.8 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$	67
Figura 5.9 Prueba de Normalidad Datos Históricos.....	68
Figura 5.10 Prueba de Normalidad Datos Pronosticados.....	69
Figura 5.11 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0055-4-00.....	70
Figura 5.12 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados.....	71
Figura 5.13 Análisis de Tendencia Para CONT-98-5000-0055-5-00.....	72
Figura 5.14 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$	73
Figura 5.15 Análisis de Normalidad Para Datos Históricos.....	74
Figura 5.16 Análisis de Normalidad Para Datos Pronosticados.....	74
Figura 5.17 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0055-5-00.....	75
Figura 5.18 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados.....	76
Figura 5.19 Análisis de Tendencia para CONT-98-9005-8126-0-00.....	77
Figura 5.20 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.20$, $\gamma=0.40$ y $\delta=0.40$	78
Figura 5.21 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.40$, $\gamma=0.60$ y $\delta=0.60$	78
Figura 5.22 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.60$, $\gamma=0.80$ y $\delta=0.80$	79

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

Figura 5.23 Análisis de Normalidad para Datos Históricos.....	80
Figura 5.24 Análisis de Normalidad para Datos Pronosticados.....	80
Figura 5.25 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-9005-8126-0-00.....	81
Figura 5.26 Prueba de Varianzas para CONT-98-9005-8126-0-00.....	82
Figura 5.27 Análisis de Tendencia para CONT-98-9005-8127-0-00.....	83
Figura 5.28 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$	84
Figura 5.29 Análisis de Normalidad para Datos Históricos.....	85
Figura 5.30 Análisis de Normalidad para Datos Pronosticados.....	85
Figura 5.31 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-9005-8127-0-00.....	86
Figura 5.32 Prueba de Varianzas para CONT-98-9005-8127-0-00.....	87

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de empresas cada vez más competitivas surgen nuevos retos para los administradores, la toma de decisiones se convierte en una herramienta fundamental para establecer el camino por el cual la empresa establecerá sus metas. Uno de los pasos fundamentales para la obtención de estas metas es la planificación de cada uno de los aspectos que impactan de manera directa los capitales de la compañía, entre los más importantes, aquellos que significan los de mayor valor como lo son los inventarios.

La planeación juega un papel muy importante en toda industria. Un objetivo importante de la planeación es tratar de prever lo que va a suceder en el futuro, por consiguiente, sabemos que tenemos que pronosticar. Pronosticar se define como el arte y ciencia de predecir eventos futuros, que se realiza mediante el uso de datos históricos o mediante el uso de modelos matemáticos (Heizer y Render, 2004).

Una planeación acertada puede ser el motivo de éxito o fracaso en la compañía, por lo cual, todo paso o movimiento que se lleve a cabo debe de estar fundamentado y enfocado a disminuir la incertidumbre. Mediante la utilización de pronósticos de demanda adecuados, es posible establecer las capacidades

requeridas para satisfacer por completo las demandas de los clientes, así como el aprovechamiento al máximo de los recursos de la compañía.

Los pronósticos de demanda se clasifican en cualitativos y cuantitativos.

Los métodos cuantitativos, se utilizan cuando:

- a) Se dispone de información pasada sobre la variable que se pronosticará.
- b) La información puede cuantificarse.
- c) Es razonable suponer que el patrón del pasado seguirá ocurriendo en el futuro. En estos casos puede elaborarse un pronóstico con un método de series de tiempo o un método causal.

Los métodos cualitativos por lo general involucran el uso del juicio experto para elaborar pronósticos. 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. Algunos ejemplos de estos son el método Delphi, juicio experto, redacción de escenarios entre otros.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se muestra el planteamiento y la definición del problema, así como la hipótesis, los objetivos, las delimitaciones y la justificación de esta investigación.

2.1 Antecedentes

Actualmente la empresa “ABC” cuenta con dos almacenes establecidos en la ciudad de Nogales, Sonora, uno funciona como centro de distribución a los diferentes clientes con los que cuentan, así como un almacén que funciona como administrador de inventario de proveedores (VMI, *Vendor Management of Inventory*, por sus siglas en inglés) o Almacén en planta (IPS, *In Plant Store*, por sus siglas en inglés) para el cliente, el cual, está dentro de las instalaciones del cliente y desde donde se surte material directamente a sus líneas de producción de acuerdo a los requerimientos que se hagan.

El manejo adecuado de los inventarios actualmente es crucial para generar ahorros en las compañías, especialmente aquellas en las cuales no se manejan órdenes de compra para sus productos sino *stocking agreements* o acuerdos de inventario, en estos, los clientes buscan que su proveedor mantenga sus números de parte en ciertos niveles de inventario y en estas cláusulas también se establecen que los usos deben de ser continuos y de no ser así, al paso del tiempo

que se establece (generalmente 90 días) el material se convierte en material obsoleto (*aging*, del inglés) como nos muestra la figura 2.1. Las proyecciones de uso que los clientes envían al proveedor son en su mayoría erróneas, sin embargo, al ser cantidades cubiertas por los acuerdos se deben de mantener en inventario, generando así problemas en el desarrollo de las operaciones.

- a) Las proyecciones no reflejan los usos reales al estar inflados como manera de protección del cliente.

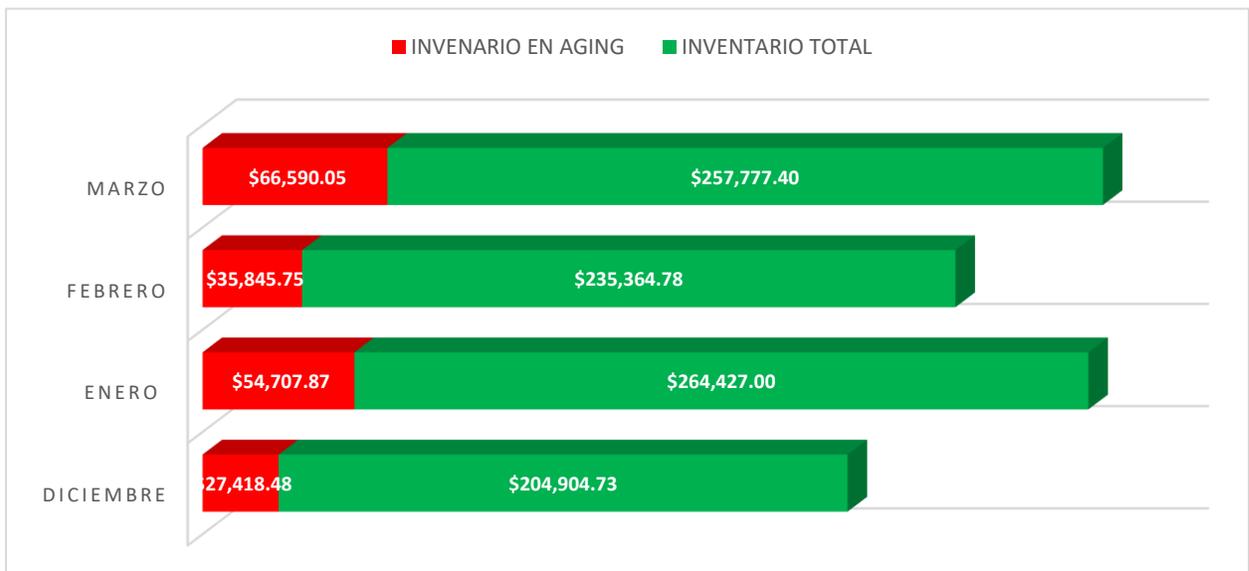


Figura 2.1 Relación Total del Nivel de Inventario y Cantidad de Dólares en *Aging*

- b) Algunas proyecciones de cliente son incrementadas intencionalmente, números de parte que no se utilizan o tienen un uso mínimo, generan grandes niveles de inventario; debido a esto, los materiales se hacen

obsoletos y generan costos de almacenamiento por los cuales los clientes no se hacen responsables.

- c) En contraste con el punto anterior, existen números de parte que sus proyecciones están muy por debajo de las proyecciones compartidas por los clientes, al no llevar un buen control de estos, se incurren en faltantes de material, lo que orilla al proveedor al expeditado de estos, reduciendo los márgenes de ganancia llegando a generar pérdida.

En la figura 2.2 se muestra una relación entre la proyección del cliente contra el uso real que tienen sus números de parte.

PART NUMBI	SA	CONS	DESCRIPTION	GROSS REQUIREMENTS WEEKS	
				PROYECCIÓN WK	USO REAL WK 29
2840968300100	4000	1053	ITBM SHIPPING BOX	593	0
9850000004000	7600	1020	interlayer EX corrugate 533,5	391	50
98500000041000	44200	39237	interlayer EX Chrysler corrugate	8074	3300
98500000041100	21000	12830	partition Ford 541x 330 CBC	5020	1110
98500000054100	7000	631	cover EX GENERIC 121502 co	1177	425
98500000054300	72000	40771	cover EX corrugate 577,6x 34	20954	3850
98500000055400	33076	20336	folding carton LOP 553x 339x	11513	2475
98500000055500	26500	14627	folding carton LOP 553x 339x	5724	1350
98500000062800	4400	4025	telescope-type box LOP 553	1056	55
98500000063400	2000	1487	telescope-type box LOP 553	485	25
98500000071900	350	233	folding carton +1553x 347x 11	77	20
98500000073800	8000	7253	folding carton +1553x 529x 22	1747	635
98500000092000	1500	583	folding carton Subaru	9088	0
9850000126700	4300	3204	partition Ford 542x 517	1497	465
9850000139100	1	4	partition Ford 540x 463 V363	0	0
9850000139900	2427	547	folding carton Ford IMC 060 +	960	120
9850000275600	5200	1764	folding carton LOP Renault +	875	450
9850000367500	800	679	partition FORD IMC050	396	0
9850000379300	7500	4517	folding carton FCA Fiat 520 P	957	250
9850000399500	4000	3211	folding carton PEUGEOT 2210	922	300
9850000425900	55	0	partition FORD U55X ST71	0	0
9850000426000	1961	1526	partition FORD U55Z SB09	508	55
9850000426900	800	7	folding carton FORD SB09 U5	0	0
9850000427100	3200	1865	interlayer EX FORD SB09 BN	508	150
9850000437600	500	258	partition 541x 517	190	115
9850000437800	7	7	partition Ford 541x 520	2	128
9850000439200	3136	1819	partition Ford 540x 462	2299	100
9850000439500	500	333	partition Ford 543x 517	153	100
9850000439600	600	236	partition Ford 541x 517	140	100
9850000439800	600	385	partition Ford 541x 517	41	15

Figura 2.2 Proyección de Cliente Contra Uso Real

Se ha generado dentro de la compañía un sentimiento de incertidumbre y presión constante debido a las exigencias de los clientes sobre sus materiales que, sin embargo, no tienen argumentos respaldados con datos de sus usos reales. Es difícil obtener pronósticos utilizando las ventas de los últimos seis meses debido a que las demandas fluctúan de maneras exponenciales y no se tiene retroalimentación del cliente relacionado a corridas de producción especiales, las cuales puedan generar estos saltos en las demandas. Por otro lado, tampoco se tiene un aviso de reducción de demanda que ayude a su vez a la reducción de los inventarios. En la figura 2.3 se muestran los niveles de inventario en relación con las ventas en dólares.

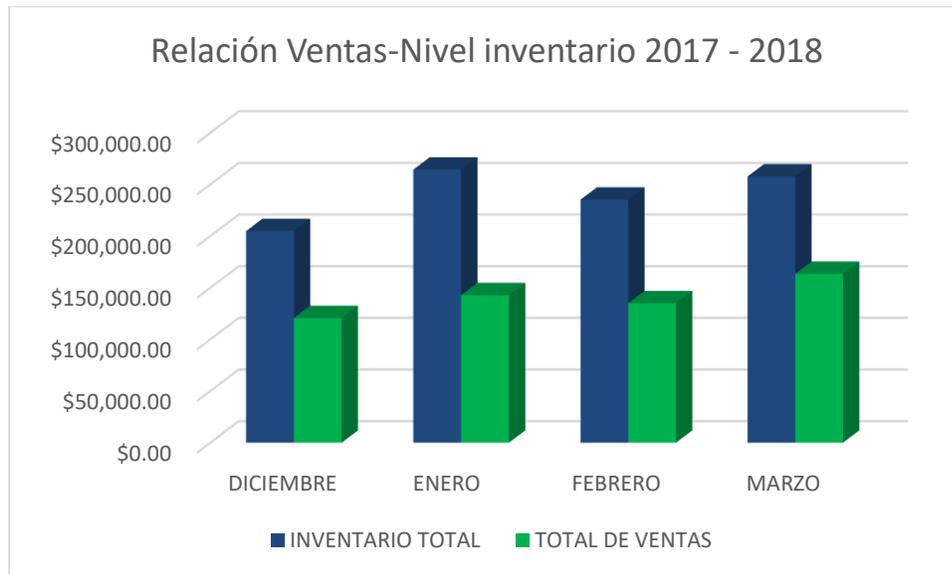


Figura 2.3 Relación de Ventas con Niveles de Inventario

2.2 Definición del Problema

La empresa no tiene un manejo correcto de inventarios debido a proyecciones erróneas compartidas por los clientes. Los niveles de inventario superan casi al doble los totales de venta por mes, se continúa con esta tendencia, a su vez, los niveles de material en obsolescencia se encontrarán en aumento y no se tendrá una certeza sobre la adquisición de materiales que permita reducir inventarios sin impactar las necesidades de los clientes.

El presente aborda el problema de encontrar un método de pronóstico que sirva como base para mejorar la planeación y adquisición de materiales para mantener inventarios en niveles óptimos que permitan satisfacer las demandas y sean utilizados antes de los 90 días en los que se convierten en material obsoleto.

2.3 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el modelo de pronóstico más asertivo para establecer demandas futuras que se apeguen a los requerimientos del cliente sin afectar la operación de la empresa?

2.4 Hipótesis

Mediante la aplicación de modelos de pronósticos cuantitativos se establecerán demandas asertivas a futuro que satisfagan las necesidades del cliente sin afectar la operación de la empresa.

3.1 Objetivo General

El objetivo general de esta investigación es establecer demandas asertivas a futuro con la finalidad de que sea utilizada por el departamento de compras para establecer niveles de inventario mínimos y determine los puntos de reorden.

3.1 Justificación

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende implementar un modelo de pronósticos de demanda el cual permita tener una mayor certeza sobre las demandas de los productos de empaque la empresa en ciertos intervalos de tiempo con el fin de mantener un inventario óptimo el cual permita satisfacer las demandas del cliente sin caer en cortos de materiales e impactar al mismo, lo cual genera costos por multas derivados de paros de línea actualmente la empresa no cuenta con una metodología formal para determinar la demanda futura confiable.

La justificación de la presente investigación se fundamenta en que no existe una metodología formal para establecer demandas futuras de una manera asertiva en la empresa bajo estudio.

2.7 Delimitaciones

El presente proyecto se realizará en una empresa localizada en Nogales, Sonora la cual se dedica a proporcionar soluciones en empaques para cualquier tipo de productos. Para el estudio, se tomará en cuenta solamente las demandas de uno de los clientes con los que se cuenta, este siendo el mayoritario y tomando como base cinco de sus números de parte considerados como de alto volumen.

3. MARCO TEÓRICO

Hoy en día, los mercados se han vuelto más competitivos gracias a la globalización y la utilización de las tecnologías de la información. A su vez, una empresa competitiva se caracteriza por un bajo costo, productos de calidad y entregas a tiempo siendo este último un factor determinante para las compañías actuales ya que puede afectar o beneficiar de manera crítica la cadena de suministro impactando así al consumidor final.

Una manera de cumplir con las entregas a tiempo son los pronósticos de demandas. Además de este beneficio, también son eficaces para el control de inventarios, lo que permite una mejor utilización de los recursos. Gill y Bhatti, (2010) mencionan que muy poco inventario puede llevar a cortos y pérdida de mercado, por el contrario, un exceso de inventario puede ser igualmente malo. Primero, se ancla el dinero lo cual es un problema para la empresa. Hay costos de mantener el inventario, así como costos por obsolescencia. Mucho inventario afecta la calidad y a su vez puede ocultar problemas. Por último, el inventario puede afectar la reacción, haciéndola más larga y menos consistente.

Pronosticar demandas no es una tarea sencilla, esto debido a que existen varios factores que influyen en la misma: La competencia, el tipo de producto, factores estacionales, así como el avance de la tecnología, entre otras.

3.1 Inventarios

El inventario existe en la cadena de suministro debido al desajuste entre la oferta y la demanda. Un papel importante que desempeña el inventario en la cadena de suministro es incrementar la cantidad de demanda que puede satisfacerse si se tiene el producto listo y disponible para cuando el cliente lo quiera (Chopra y Meindl, 2008).

Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa puede reducir sus costos al disminuir el inventario; por el otro, la falta de un artículo puede detener la producción y dejar insatisfechos a los clientes (Render y Heizer, 2009).

El inventario tiene también un impacto significativo en el tiempo de flujo de materiales en la cadena de suministro. Éste es el tiempo que pasa entre el momento en el cual el material entra a la cadena de suministro y el momento en el que sale (Chopra y Meindl, 2008).

3.1.1 Tipos de Inventarios

Para Ravindran (2008), en los sistemas de producción son necesarios tres tipos de inventarios, se trata de inventarios de materias primas, productos terminados y trabajo en curso. Cualquiera de estos sistemas de inventario puede existir en cualquier etapa de la ruta de acceso de un producto desde su origen hasta que llega a manos de los usuarios finales.

Heizer y Render (2009), a su vez, consideran un cuarto inventario para los sistemas de producción el cuál se enfoca en los suministros de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO, *Maintenance, Repair and Operations*, por sus siglas en inglés).

- a) Inventario de las materias primas. Es el material necesario para poder crear un producto
- b) Inventario en curso. Esta categoría de materiales se refiere a semielaborados
- c) Inventario de producto terminado. Implica el inventario del producto final.
- d) MRO

3.1.2 Análisis de Inventarios

Existen varios significados para el control de inventarios, Love (1979) lo define como: El esfuerzo para lograr y mantener un balance económico entre los costos contraídos y los costos ahorrados por tener materia prima en inventario.

De acuerdo con Kumar y Suresh (2009), las diferentes técnicas de control de inventario son:

Análisis ABC: En este análisis, la clasificación del inventario existente se basa en el consumo y el valor anuales de los productos. Por lo tanto, obtenemos la cantidad de inventario consumida de un artículo durante el año y la multiplicamos por el precio unitario para obtener el costo de uso anual. De esta

manera, los artículos son ordenados en orden descendente de acuerdo con su costo de uso anual. El análisis se lleva a cabo mediante el trazo de una gráfica basada en el número acumulativo de artículos y el uso acumulativo del costo de consumo, la tabla 3.1 muestra como se hace la clasificación:

Tabla 3.1 Clasificación de Artículos por Sistema ABC

Categoría	Porcentaje de artículos	Porcentaje del valor total de consumo anual
A	10-20	70-80
B	20-30	10-25
C	60-70	5-15

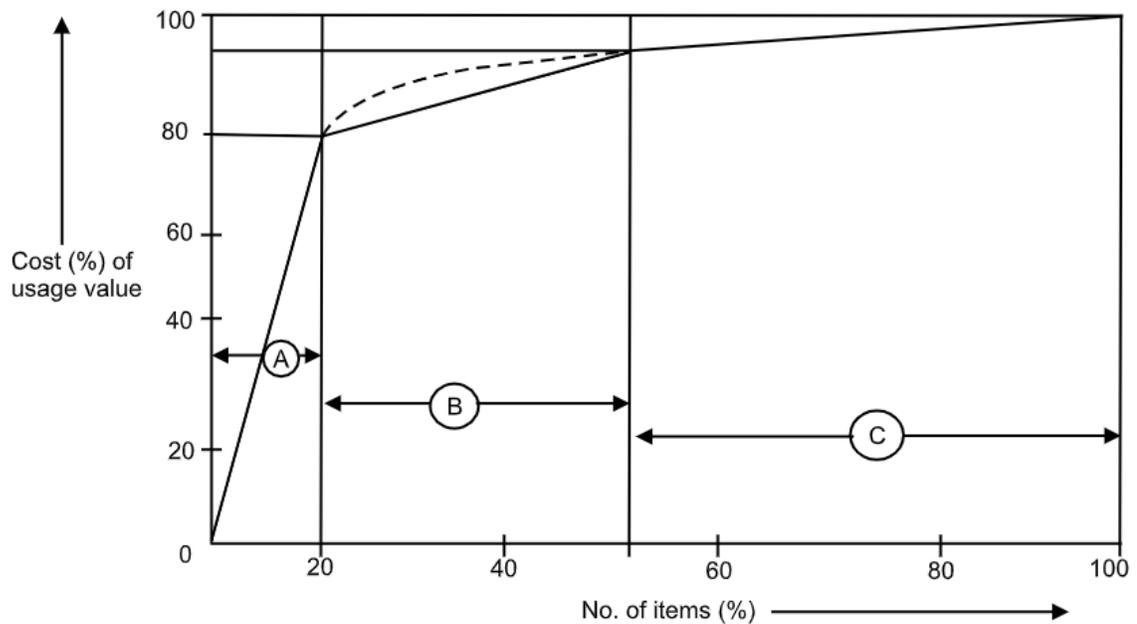


Figura 3.1 Clasificación ABC Fuente: Kumar y Suresh (2009)

Análisis HML (*High, Medium, Low*, por sus siglas en inglés): En este análisis, la clasificación del inventario existente se basa en el precio unitario de

los artículos. Se clasifican como artículos de precio alto, precio mediano y precio bajo.

Análisis VED: En este análisis la clasificación del inventario existente se basa en que tan críticos son los artículos. Se clasifican como artículos vitales, esenciales y deseable (*Vital, Essential, Dessirable*, por sus siglas en inglés). Se usa principalmente en los inventarios de artículos de reemplazo.

Análisis FSN: En este análisis, la clasificación del inventario existente se basa en el consumo de los artículos. Se clasifican como artículos que se mueven rápido, artículos con movimiento lento y artículos que no se mueven (*Fast moving, Slow moving y Non moving*, por sus siglas en inglés).

Análisis SDE: En este análisis, la clasificación del inventario en existencia se basa en los artículos (*Scarce, Difficult, Easy*, por sus siglas en inglés).

Análisis GOLF: En este análisis, la clasificación del inventario en existencia se basa en la fuente de suministro de los artículos. Se clasifican como suministrado por el gobierno, disponible ordinariamente, disponibilidad local y fuente extranjera de suministro (*Government supply, Ordinarily available, Local availability and Foreign source of supply items*, por sus siglas en inglés).

Análisis SOS: En este análisis, el inventario en existencia se basa en la naturaleza del suministro de los artículos. Se clasifican como artículos de

temporada o fuera de temporada (*Seasonal y Off-seasonal*, por sus siglas en inglés).

Para un control de inventario efectivo, la combinación de técnicas ABC con VED o ABC con HML, así como VED con análisis HML son usadas comúnmente.

3.1.3 Control de Inventarios

El control de inventario es un acercamiento planeado para determinar que ordenar, cuando ordenar, cuanto ordenar y cuanto inventario para que ese costo asociado con compras y almacenamiento sea el óptimo sin interrumpir la producción y ventas. El control de inventarios básicamente lidia con dos problemas: ¿Cuándo debería colocarse una orden? y ¿Cuánto debería de ser ordenado? (Kumar y Suresh, 2009).

3.1.4 Modelos de Inventario

El ambiente de demandase puede clasificar en dos grandes categorías: determinístico o estocástico e independiente o dependiente (Escalante, 2009). Si la demanda se puede predecir con exactitud, es razonable usar un modelo de inventarios deterministas, de otra manera, se utiliza un modelo estocástico (Hillier y Lieberman, 2010).

A) determinístico o estocástico. Determinístico significa que se conoce con certidumbre la demanda futura de un artículo en inventario; cuando la demanda aleatoria se llama estocástica. Cada caso requiere un análisis diferente. El caso estocástico es más realista pero su manejo es más complicado.

b) Demanda independiente o dependiente. La demanda de un artículo no relacionada con otro artículo y afectada principalmente por las condiciones del mercado se llama demanda independiente.

Ambos tipos de inventario se pueden clasificar en sistemas de revisión continua y sistema de revisión periódica. De acuerdo con Kumar y Suresh (2009), estos sistemas de revisión se describen de la siguiente manera:

Revisión continua: El inventario se supervisa continuamente y el pedido de un tamaño de lote Q se coloca cuando el inventario desciende hasta el punto de reorden (ROP, *Reorder Point*, por sus siglas en inglés).

Revisión periódica: El estatus del inventario es verificado a intervalos regulares periódicos y el pedido se coloca para incrementar el nivel del inventario a un límite específico.

3.1.5 Costo del Inventario

Según Hillier y Lieberman (2010), existen costos de inventarios que afectan directamente las ganancias de la empresa, la política seleccionada para mantener dicho inventario influirá no solo en costos sino también en capacidad de almacenamiento.

3.1.5.1 Costo de Ordenar

El costo de ordenar o fabricar una cantidad ya sea mediante la compra o producción de esa cantidad se puede representar mediante la siguiente función matemática:

$$c(z) = K * z \quad (3.1)$$

donde:

$c(z)$ = Costo total de ordenar o producir

K = Costo fijo de preparación

z = número de unidades

3.1.5.2 Costo de Mantener Inventario

De acuerdo con Diaz (2021), los costos de mantener inventarios equivalen a los costos de resguardar el inventario durante el periodo de tiempo previo a su venta. Generalmente, los costos de mantener inventarios se cuantifican como un porcentaje del valor total del inventario anual. Para calcular estos costos, se deben considerar todos sus componentes:

Costo de capital: Considera el monto invertido en la fabricación o compra de un producto.

Costo de almacenamiento: Representan los recursos invertidos en mantener inventarios en un almacén o centro de distribución. Los costos de almacenamiento incluyen costos fijos (como la renta o hipoteca de un inmueble adecuado para el tipo de mercancía almacenada) y costos variables (como electricidad, agua, mantenimiento, etc.).

Costo de servicios: En esta categoría se incluyen los costos del *software* y *hardware* utilizados para manejar los movimientos de mercancía dentro del almacén, tales como un sistema de gestión de almacenes (WMS, *Warehouse Management System*, por sus siglas en inglés,).

Costo de riesgo: Se contemplan aquí los costos ocasionados por merma, obsolescencia, robo y depreciación. Cada vez que deja de ser viable vender uno de los productos, ya sea porque se perdió, expiró o por cualquier otra causa, debe ser contabilizado como un costo de riesgo.



Figura 3.2 Costo de Mantener el Inventario

3.1.5.3 Costo por Faltante

Los faltantes de material significan que la empresa se ha quedado sin inventario para satisfacer las demandas del cliente. En este costo se podrían incluir las ganancias perdidas por no realizar la venta o por retraso en la entrega, posibles penalizaciones por parte del cliente debido a incumplimientos de contrato, así como también descuentos por varios factores más intangibles como el costo que implicaría la posible pérdida de clientes.

3.2 Pronósticos

Los pronósticos son estimaciones de concurrencia, tiempo o magnitud de eventos futuros inciertos, estos proveen información que puede ayudar a los gerentes en la dirección de actividades futuras hacia las metas de la organización (Kumar y Suresh, 2009).

El pronóstico de los niveles de demanda es vital para la firma como un todo, ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística, *marketing*, producción y finanzas. Los niveles de demanda y su programación afectan en gran medida los niveles de capacidad, las necesidades financieras y la estructura general del negocio (Ballou, 2004).

3.2.1 Características de los Pronósticos

Según Chopra y Meindl (2008), las compañías y los gerentes de las cadenas de suministro deben estar conscientes de las siguientes características de los pronósticos:

- a) Los pronósticos siempre están equivocados y, por tanto, deben incluir tanto el valor esperado del pronóstico como una medida de error del mismo. Así, el error de pronóstico (o incertidumbre de la demanda) debe ser una información clave en la mayoría de las decisiones de la cadena de suministro. Desafortunadamente, la mayoría de las compañías no mantienen ningún estimado del error de pronóstico.
- b) Los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; ello se debe a que los primeros tienen una desviación estándar mayor con relación a la media que los segundos.
- c) Los pronósticos agregados en general son más precisos que los desagregados, ya que tienden a tener una desviación estándar menor del error con relación a la media.

d) En general, mientras más arriba en la cadena esté una compañía (o más lejos del consumidor), mayor será la distorsión de la información que recibe. Un ejemplo clásico de esto es el efecto látigo, en el cual la variación del pedido se amplifica conforme los pedidos se alejan del cliente final. Como resultado, mientras más arriba en la cadena se encuentre una compañía, más grande será el error de pronóstico. El pronóstico colaborativo con base en las ventas al cliente ayuda a las compañías corriente arriba a reducir el error de pronóstico.

De acuerdo con Fliedner (2000), existen ciertos obstáculos para la implementación de pronósticos en la cadena de suministros colaborativa. El primero, es la falta de confianza y pérdida de control al compartir información sensible para la empresa. Otro es la falta de interés para la colaboración en un pronóstico interno y externo. La disponibilidad y el costo de la tecnología, así como de personal experimentado en los métodos de pronósticos. Los estándares de compartir información incompleta. El quinto obstáculo son los problemas de agregación, es decir, el número de pronósticos y la frecuencia en su generación. El miedo a la colusión es otro de los obstáculos a enfrentar dentro de la implementación de pronósticos. Por último, la inexperiencia y la falta de habilidades en niveles de ventas al por menor.

Existen numerosas técnicas de pronósticos, pero el uso de estas dependerá de las necesidades de la toma de decisiones, estas están categorizadas en dos sentidos (Kumar y Suresh, 2009):

- 1.- Método de opinión y juicio o métodos cualitativos
- 2.- De serie de tiempo o métodos de pronóstico cuantitativo

3.2.2 Pronósticos Cualitativos

Son aquellos que se generan a partir de información que no tiene una estructura analítica bien definida. Este tipo de pronósticos resulta especialmente útil cuando no se tiene disponibilidad de información histórica, como en el caso de un producto nuevo que no cuenta con una historia de ventas. Dentro de los métodos más comunes de este tipo de pronóstico se encuentran: análisis de mercado, Método Delphi o consenso de panel y analogía por ciclo de vida.

Los métodos cualitativos utilizan el juicio, la intuición, las encuestas o técnicas comparativas para generar estimados cuantitativos acerca del futuro. La información histórica tal vez esté disponible o quizá no sea muy relevante para el pronóstico. La naturaleza no científica de los métodos los hace difíciles de estandarizar y de validar su precisión. Sin embargo, estos métodos pueden ser los únicos disponibles cuando se intenta predecir el éxito de nuevos productos, cambio en la política gubernamental o el impacto de una nueva tecnología. Son métodos más bien adecuados para pronósticos de mediano a largo plazo (Ballou, 2004).

De acuerdo con Chopra y Meindl (2008), son apropiados sobre todo cuando la información histórica no está disponible o existen muy pocos datos; o bien, cuando los expertos cuentan con resultados de investigación del mercado que pueden afectar el pronóstico. Tales métodos pueden también ser necesarios para pronosticar la demanda a varios años en el futuro de una nueva industria. En la figura 3.3, se muestran a manera resumida los pronósticos que se consideran de carácter cualitativo, así como sus características esenciales (Serrato-Córdova y Rodríguez-Morachis, 2014).

Método	Descripción	Precisión	Aplicación
Delphi	Un panel de expertos es interrogado mediante cuestionarios, esta técnica elimina el efecto de tendencia moderna a la opinión mayoritaria, ya que estos expertos son interrogados por separado y no tienen contacto entre ellos.	De aceptable a muy buena para corto, mediano y largo plazo.	Pronósticos de grandes rangos y ventas de nuevos productos.
Investigación de mercado	Este es un procedimiento sistemático y formal que valida la hipótesis sobre mercados reales.	Excelente a corto plazo. Buena a mediano y largo plazo.	Pronósticos de grandes rangos y ventas de nuevos productos.
Pronóstico visionario	Se utilizan perspectivas personales, se caracteriza por conjeturas subjetivas e imaginación, los métodos utilizados no son científicos.	Pobre a corto, mediano y largo plazo.	Pronósticos de grandes rangos y ventas de nuevos productos.
Analogía histórica	Este método se utiliza como comparativo en la introducción y crecimiento de nuevos productos similares y basan los pronósticos en dicha similitud.	Pobre a corto plazo. Buena para mediano y largo plazo.	Pronósticos de grandes rangos y ventas de nuevos productos.

Figura 3.3 Principales Métodos Cualitativos

3.2.3 Modelos de Proyección Histórica

Cuando se dispone de una cantidad razonable de información histórica y las variaciones de tendencia y estacionales en las series de tiempo son estables y bien definidas, la proyección de esta información al futuro puede ser una forma

efectiva de pronóstico para el corto plazo. La premisa básica es que el patrón del tiempo futuro será una réplica del pasado, al menos en gran parte. La naturaleza cuantitativa de las series de tiempo estimula el uso de modelos matemáticos y estadísticos como las principales herramientas de pronóstico. La precisión que puede lograrse para periodos de pronóstico menores a seis meses por lo general es buena. Estos modelos trabajan en forma adecuada simplemente debido a la estabilidad inherente de las series de tiempo en el corto plazo (Ballou, 2004).

La utilización de pronósticos de proyección histórica o también llamados métodos cuantitativos puede ser más difícil cuando existen varias explicaciones sobre una situación de posible cambio, cuando no es posible obtener los datos necesarios, o cuando estos datos están obsoletos o son muy imprecisos.

Los puntos débiles de este método de pronóstico no impiden que sean utilizados, pero suponen que su empleo debe considerarse en relación con las expectativas y exigencias de información que se unen a dicho empleo de estos métodos en relación con los resultados posibles (Stiens, 1996).

3.2.3.1 Método de Regresión Lineal

De acuerdo con Nahmias (2007), el análisis de regresión lineal es un método que ajusta una línea recta a un conjunto de datos. Cuando se aplica el análisis de regresión al pronóstico, la variable dependiente muchas veces corresponde al tiempo y la variable independiente a la serie que se va a pronosticar.

Dentro de los métodos de regresión se tienen los siguientes:

a) Regresión lineal: Una variable, conocida como variable dependiente, está relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal. La variable dependiente (como la demanda de picaportes) es la que se desea pronosticar. Se supone que las variables independientes (como los gastos de publicidad o el inicio de la construcción de nuevas viviendas) influyen en la variable dependiente y, por ende, son la causa de los resultados observados en el pasado. En términos técnicos, la línea de regresión minimiza las desviaciones cuadráticas con respecto a los datos reales. En los modelos de regresión lineal más sencillos, la variable dependiente es función de una sola variable independiente y, por lo tanto, la relación teórica es una línea recta (Krajewski et al. 2008).

$$\gamma = \alpha + bx \quad (3.2)$$

Donde:

γ = es la variable dependiente.

x = es la variable independiente.

α = es la intersección de la recta con el eje Y.

b = es la pendiente de la recta.

Según Heizer y Render (2009), se han desarrollado ecuaciones que se utilizan para encontrar los valores α y b para cualquier recta de regresión. La pendiente b se encuentra mediante la ecuación 3.3:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (3.3)$$

Donde:

b = pendiente de la recta de regresión.

Σ = signo de sumatoria.

x = valores conocidos de la variable independiente.

y = valores conocidos de la variable dependiente.

\bar{x} = promedio de los valores de x .

\bar{y} = promedio de los valores de y .

y = es el valor y de cada punto de datos.

n = número de puntos de datos u observaciones.

La intersección con el eje y , α , puede calcularse como sigue:

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3.4)$$

El empleo del método de mínimos cuadrados implica que se han cumplido tres requisitos: siempre deben graficarse los datos porque los datos de mínimos cuadrados suponen una relación lineal. No se predicen periodos lejanos a la base de datos dada, se supone que las desviaciones calculadas alrededor de la recta de mínimos cuadrados son aleatorias.

3.2.3.2 Promedios Móviles

Sotelo-Alarcon et al. (2014) explican que es un método de pronóstico que emplea un promedio de los n periodos más recientes de datos para pronosticar el siguiente periodo, con el fin de medir la variación estacional.

El promedio móvil usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico y es útil si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo. Se usa para hacer pronósticos a corto y mediano plazo.

El promedio móvil se obtiene sumando los datos de un número deseado de periodos pasados y dividiéndolo entre el total de periodos. Matemáticamente se calcula de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = \frac{S_t = X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t X_i \quad (3.5)$$

Donde:

F_{t+1} = Pronóstico para el tiempo T + 1.

S_t = Valor suavizado en el tiempo t.

X_i = Valor actual en el tiempo.

i = Demanda real en el periodo anterior

N = Número de valores incluidos en el promedio.

Con un promedio móvil se usan las observaciones, cada vez que se dispone de una nueva observación, el promedio se mueve para incluir la información nueva y deja la observación más vieja de las que se usaron anteriormente.

3.2.3.3 Suavización Exponencial

Según Nahmias (2007), otro método de pronóstico muy popular para las series de tiempo estacionarias es el suavizamiento exponencial. El pronóstico actual es el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de demanda. Esto es:

Nuevo pronóstico= α (Observación actual de demanda) + $(1 - \alpha)$ (Último pronóstico). La ecuación de suavizamiento exponencial para F_t puede describirse como:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3.6)$$

Donde:

F_t = Pronóstico nuevo

F_{t-1} = Pronóstico anterior

α = Constante de suavizado (ponderación) ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = Demanda real en el periodo anterior

El método de suavización exponencial supone que el proceso es constante, al igual que el método de promedios móviles. Esta técnica está diseñada para atenuar una desventaja del método de promedios móviles, en donde los datos para calcular el promedio tienen la misma ponderación. De manera particular, esta técnica considera que las observaciones recientes tienen más valor, por lo que le otorga mayor peso dentro del promedio.

La suavización exponencial utiliza un promedio móvil ponderado de los datos históricos de la serie de tiempo como pronóstico; es un caso especial de promedio móvil en donde se selecciona un solo valor de ponderación.

3.2.3.4 Modelo de Holt

De acuerdo con Hanke y Wichern (2010), la técnica de Holt suaviza directamente el nivel y la pendiente usando diferentes constantes de suavización para cada uno. Estas constantes de suavización proporcionan estimados del nivel y la pendiente que se adaptan en el tiempo conforme se dispone de nuevas observaciones. Una de las ventajas de la técnica de Holt es que ofrece un alto grado de flexibilidad en la selección de coeficientes con los cuales se controla el nivel y la tendencia. Y es denotada por la ecuación:

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (3.7)$$

Donde:

S_t = equivalente del valor suavizado exponencial.

β = coeficiente de suavizamiento, análogo a α .

T_t = tendencia suavizada en la serie de datos.

S_{t-1} = nivel previamente suavizado.

T_{t-1} = tendencia previa.

3.2.3.5 Modelo Holt-Winters

Según Hanke y Wichern (2010), este método genera resultados muy parecidos a los del modelo Holt según los análisis realizados, la ventaja adicional que presenta este modelo es la de manejar datos estacionales con datos que contengan cierta tendencia. El modelo de suavizamiento exponencial corregido y estacional de Winters se basa en tres ecuaciones, cada una suaviza un factor asociado con uno de los tres componentes del patrón, aleatoriedad, tendencia y estacionalidad. Las ecuaciones (3.8), (3.9) y (3.10) mencionadas anteriormente:

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha) (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.8)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (3.9)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma) I_{t-L} \quad (3.10)$$

Donde:

S = valor suavizado de la serie estacionalizada.

X_t = nueva observación o valor real en el periodo t.

α = constante de suavización del nivel.

β = constante de suavización para el estimado de tendencia.

T = valor suavizado de la tendencia.

γ = constante de suavización para el estimado de estacionalidad.

I = valor suavizado del factor estacional.

L = duración de la estacionalidad (ejemplo, número de meses o trimestres en un año).

Los métodos de pronósticos Holt-Winters tienen una aplicación en productos con demandas inciertas, donde la utilización de estos dos modelos acompañados del modelo de suavización exponencial arrojó valores de confiabilidad iguales o similares, lo cual significa que la aplicación de cualquiera de estos es confiable para la realización de pronósticos con demandas inciertas (Rodríguez-Coy y Rodríguez-Morachis, 2010).

Otras aplicaciones de los modelos de pronósticos son, en la planeación de productos electrónicos (Sanchez, 2009) y para la planeación y control de inventarios de una empresa del ramo electrónico (Serrato Córdova y Rodríguez Morachis, 2014), así como también en la planeación de producción de una empresa del sector eléctrico (García-Gómez et al. 2015), en el área de compras de la industria electrónica (González-Luna y Rodríguez-Morachis, 2017), en el control de inventarios de un supermercado (Esparza-Esparza et al. 2017), en la

compra de materia prima para impresiones 3D (Fuentes-Guerrero et al. 2020), en la determinación de demanda escolar para establecer capacidades (Hernández-Pérez et al. 2020), en la reducción y control de inventarios en la industria de la impresión (Nevárez-Carrasco et al. 2018), en la adquisición de materia prima en sensores electrónicos (Rodríguez-Morachis et al. 2019).

3.2.3.6 Método Box-Jenkins

Se denominan de esta manera por dos estadísticos “George E. Box y Gwilym M. Jenkins”, los modelos se basan en explotar la estructura de autocorrelación de una serie de tiempo, también conocido como modelo de Autoregresivo Integrado de Promedio Móvil, (ARIMA, *Autoregressive Integrated Moving Average*, por sus siglas en inglés). La función de autocorrelación tiene un papel central en el desarrollo.

Los coeficientes de autocorrelación se estiman a partir de una historia de la serie, para garantizar estimadores confiables, se requiere al menos 72 puntos de datos de la historia pasada de la serie (Nahmias, 2013).

De acuerdo con Hanke y Wichern (2010), la metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar. Se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible a partir de una clase general de modelos.

En la figura 3.4 se engloban los métodos de pronósticos que se acaban de presentar, así como una breve descripción de cada uno de ellos, su certeza en el horizonte de tiempo y su aplicación (Serrato-Cordova y Rodríguez-Morachis, 2014).

Método	Descripción	Precisión	Aplicación
Regresión lineal	El análisis de regresión lineal es una técnica estadística para investigar la relación funcional entre dos variables ajustando algún modelo matemático. La regresión lineal utiliza una sola variable y tiene la forma de una recta.	Buena a corto, mediano y largo plazo.	Pronósticos de nuevos productos, especialmente a largo plazo.
Promedios móviles	Cada punto de un promedio móvil en una serie de tiempo es el promedio aritmético o ponderado de un número de puntos consecutivos, trata de eliminar los defectos de estacionalidad o irregularidades dentro de la serie.	Buena a corto plazo. Pobre a mediano y largo plazo	Control de inventarios con un volumen bajo de artículos
Suavización exponencial simple	Es similar a promedios móviles, excepto que los puntos son más recientes y reciben mayor ponderación, cuenta con nivelación exponencial doble o triple, son versiones más complejas que explican la variación de la tendencia y estacionalidad en la serie de tiempo.	Muy buena a corto plazo. Pobre a mediano y largo plazo	Control de producción y de inventarios.
Holt	El método de Holt es un modelo de estimación exponencial que atenúa directamente la tendencia al obtener la diferencia entre los valores sucesivos (de la atenuación exponencial), para pronosticar a futuro. Este modelo es apropiado para series en las que hay una tendencia lineal y sin estacionalidad.	Muy buena a corto plazo. Pobre a mediano y largo plazo	Control de producción y de inventarios.
Holt- Winters	Este método se utiliza cuando el modelo muestra una tendencia lineal en los datos y existe un patrón de comportamiento de tipo estacional o periódico en los datos de la serie de tiempo	Muy buena a corto plazo. Pobre a mediano y largo plazo	Control de inventarios con estacionalidad.
Box-Jenkins	Este es un procedimiento computarizado que produce un modelo de promedios móviles integrado y auto regresivo, se ajusta a la tendencia y estacionalidad, estima q los parámetros de ponderación, valida el modelo y repite el ciclo cuando sea necesario.	Muy buena a corto plazo. Pobre a mediano y largo plazo	Control de inventarios con estacionalidad.

Figura 3.4 Modelos Cuantitativos o de Proyección Histórica.

3.2.4 Métodos Causales

Los métodos causales para pronósticos se construyen a partir de variables relacionadas con la variable pronosticada, en ciertos casos el servicio al cliente tiene efectos positivos sobre la demanda, esta es una variable que afecta al pronóstico. El problema con esta categoría de modelos es que es difícil encontrar variables causales y, cuando se encuentran, su asociación con la variable a

pronosticar regularmente es muy baja. En la figura 3.5 se enlistan los métodos causales, así como su descripción, su certeza en el horizonte de tiempo y su enfoque o aplicación. Fuente: Serrato-Córdova y Rodríguez-Morachis (2014).

Método	Descripción	Precisión	Aplicación
Modelo econométrico	Sistema de ecuaciones de regresión que describen las ventas de cierto sector económico, estos modelos son relativamente costosos pero debido a las causalidades involucradas, predicen en forma más precisa los puntos críticos.	Muy buena a mediano plazo. Muy pobre a largo plazo.	Pronósticos de ventas por clases de productos.
Modelo entrada-salida	Se refiere al análisis del flujo de bienes o servicios inter-industria o interdepartamentales y la economía en sus mercados, muestra las entradas que deben ocurrir para obtener ciertas salidas.	Muy buena a mediano y largo plazo.	Pronósticos de ventas de la empresa para sectores y subsectores industriales.
Modelo entrada-salida económico	Los modelos econométricos y de entrada-salida en ocasiones se combinan para el pronóstico. El modelo de entrada-salida proporciona tendencias a largo plazo para el modelo econométrico y lo estabiliza.	Buena a mediano plazo. Muy pobre a largo plazo.	Pronósticos de ventas de la empresa para sectores y subsectores industriales.

Figura 3.5 Métodos Causales

3.3 Proceso de los Pronósticos

El pronóstico sigue siete pasos básicos (Heizer y Render, 2009). El primer paso consiste en determinar el uso del pronóstico. Después de determinar el uso del pronóstico se seleccionan los aspectos que se deben pronosticar, seguido a esto, determinar el horizonte del pronóstico y en base a esta información, se debe de seleccionar el modelo de pronóstico.

Como paso siguiente, se deben reunir los datos necesarios para elaborar el pronóstico, una vez hecho esto, debemos de obtener el pronóstico y para finalizar, se tiene que validar e implementar los resultados obtenidos mediante el método.

Los pasos anteriormente mencionados describen una manera sistemática de cómo llevar a cabo la elaboración de un pronóstico, desde su creación hasta su implementación. Se debe tener en consideración las siguientes realidades:

a) Los pronósticos pocas veces son perfectos. Esto significa que factores externos que no se pueden predecir o controlar suelen afectarlo.

b) La mayoría de las técnicas de pronóstico suponen la existencia de cierta estabilidad subyacente en el sistema. En consecuencia, algunas empresas automatizan sus predicciones a través de *software* para pronósticos computarizados y después solo vigilan de cerca aquellos productos con demanda muy variable.

c) Tanto los pronósticos de familias de productos como los agregados son más precisos que los pronósticos para productos individuales.

3.3.1 Horizonte de Tiempo

Heizer y Render (2009) mencionan que, por lo general, un pronóstico se clasifica por el horizonte de tiempo futuro que cubre, el horizonte de tiempo se clasifica en tres categorías:

Pronóstico a Corto Plazo	Pronóstico a Mediano Plazo	Pronóstico a Largo Plazo
Este pronóstico tiene una extensión de tiempo de hasta 1 año, pero casi siempre es menor a 3 meses. Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo y decidir los niveles de producción.	Por lo general, un pronóstico a mediano plazo, o a plazo intermedio, tiene una extensión de entre 3 meses y 3 años. Se utiliza para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar diferentes planes operativos.	Casi siempre su extensión es de 3 años o más. Los pronósticos a largo plazo se emplean para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, y para investigación y desarrollo.

Figura 3.6 Horizontes de Tiempo de los Pronósticos

3.4 Tendencia y Estacionalidad

En un sentido general del concepto, la tendencia es un patrón de comportamiento de los elementos o datos dentro de un entorno particular durante un período específico. La tendencia es el movimiento suave de la serie de datos estudiados a largo plazo, en pronósticos, es el análisis de los datos dentro de las series de tiempo. La estacionalidad se presenta cuando los elementos dentro de la serie de tiempo muestran una variabilidad debido a influencias estacionales, es decir, es la variación periódica y predecible en un periodo igual o inferior a un año (Ballou, 2004).

Según Chopra y Meindl (2008), se debe estimar la tendencia de los datos, estimar la periodicidad de la demanda, cada cuantos periodos se repite la demanda, después se calculan los ciclos de estacionalidad si es que existen.

3.5 Error de Pronóstico

El error en el pronóstico se refiere a lo cerca que se halla el pronóstico del nivel de demanda real (Ballou, 2004). Es importante mencionar que la precisión de un pronóstico no depende de qué tan bien se ajuste a los datos históricos.

Heizer y Render (2009) mencionan que el error de pronóstico nos dice qué tan buen desempeño tiene el modelo al compararlo consigo mismo usando datos históricos. En la práctica se usan varias medidas para calcular el error global de pronóstico. Estas medidas pueden usarse para comparar distintos modelos de pronósticos, así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más populares son; Desviación Absoluta Media (MAD, *Mean Absolute Deviation*, por sus siglas en inglés), Error Medio de Pronóstico (MFE, *Mean Forecast Error*, por sus siglas en inglés) y Porcentaje de Error Medio Absoluto (MAPE, *Mean Absolute Percent Error*, por sus siglas en inglés).

Los errores se pueden clasificar como sesgados o aleatorios. Los errores sesgados ocurren cuando se somete un error consistente. Las fuentes de sesgo incluyen el hecho de no incluir las variables correctas; el uso de las relaciones equivocadas entre las variables; el uso de la recta de tendencia errónea; un cambio equivocado en la demanda estacional desde el punto donde normalmente ocurre; y la existencia de alguna tendencia secular no detectada. Los errores aleatorios se definen como aquellos que el modelo de pronóstico utilizado no puede explicar. Varios términos comunes empleados para describir el grado o medición de error son: error estándar, error cuadrado medio (o varianza) y

desviación absoluta media. Además, es posible usar señales de rastreo para indicar cualquier sesgo positivo o negativo en el pronóstico (Chase et al. 2009).

Es importante mencionar que antes de trabajar con algún método de pronóstico, se tiene que considerar el comportamiento de los datos, el patrón que la serie de datos sigue con mayor frecuencia.

3.5.1 Desviación Media Absoluta

Una vez más, la fórmula de la MAD puede deducirse a partir del nombre del término. Literalmente significa el promedio de las desviaciones absolutas matemáticas de los errores de pronóstico (desviaciones). La fórmula, por lo tanto, es:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (3.11)$$

Donde:

t = número del periodo.

A_t = demanda real para el periodo.

F_t = demanda pronosticada para el periodo.

n = número total de periodos.

Chase et al. (2009) mencionan que cuando los errores que ocurren en el pronóstico tienen una distribución normal (el caso más común), la desviación absoluta media se relaciona con la desviación estándar como:

Una desviación estándar = $\sqrt{\frac{\pi}{2}}$ * MAD , o aproximadamente 1.25 MAD por

el contrario, 1 MAD = 0.8 desviaciones estándar.

Esto representa un número muy importante, ya que nos indica el error de pronóstico promedio (siempre positivo) sobre el periodo en cuestión.

En un modelo de pronóstico perfecto, la suma de los errores de pronóstico reales sería 0; los errores que dan como resultado sobrestimados deben ser menos que aquellos que resultan en subestimados. La señal de seguimiento también sería 0, indicando un modelo sin sesgos (Chase et al. 2009).

A menudo, la MAD se utiliza para pronosticar los errores, por lo que quizá sería mejor que fuera más sensible a los datos recientes. Una técnica útil para lograrlo es calcular una MAD uniformada exponencialmente como un pronóstico para el rango de errores del siguiente periodo. El procedimiento es similar a la uniformidad exponencial simple. El valor del pronóstico MAD es que proporciona un rango de error. En el caso del control de inventarios, es útil para establecer niveles de inventario de seguridad (Chase et al. 2009).

$$MAD_t = \alpha |A_{t-1} - F_{t-1}| + (1 - \alpha)MAD_{t-1} \quad (3.12)$$

Donde:

MAD_t = MAD de pronóstico para el t-ésimo periodo.

α = constante de suavización (en el rango de 0.05 a 0.20).

A_{t-1} = demanda real en el periodo $t - 1$.

F_{t-1} = demanda pronosticada para el periodo $t - 1$

En el error cuadrático medio (MSE, *Mean Squared Error*, por sus siglas en inglés) se eleva al cuadrado cada error o residuo, se suman y se dividen entre el número de observaciones, mediante dicho cálculo se sancionan errores grandes, ya que los errores están elevados al cuadrado, lo cual es importante ya que permite que visualizar como una técnica que produce errores moderados quizá sea preferible a una que usualmente tenga pequeños errores, pero ocasionalmente presentan errores extremadamente grandes. El cálculo está dado por la ecuación (3.13).

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (3.13)$$

Donde

n = Número de datos

A_t = Valores pronosticados

F_t = Valores reales obtenidos

3.5.2 Error Medio de Pronóstico

Como su nombre lo indica, el *MFE* se calcula a partir del error de pronóstico promedio matemático sobre un periodo específico. La fórmula es:

$$MFE = \sum_{t=1}^n \frac{(A_t - F_t)}{n} \quad (3.14)$$

Donde:

t = número del periodo.

A = demanda real para el periodo.

F_t = es la demanda pronosticada para el periodo t .

n = número total de periodos.

$(A_t - F_t)$ Representa la diferencia entre la demanda real y el pronóstico para cualquier periodo, y también se le conoce como error de pronóstico (Chapman, 2006).

El *MFE* implica sumar todos los errores de pronóstico individuales, y dividirlos entre el número total de errores. La importancia de este número no radica en su valor real, sino en su signo: si es positivo, indica que la demanda real fue mayor al pronóstico sobre el rango de números incluidos. Otra forma de explicar esto es que el método de pronóstico se sesgó sobre el extremo inferior. Si su signo es negativo, naturalmente, significa que los pronósticos fueron mayores que la demanda en promedio, lo que implica que el método de pronóstico se sesgó sobre el extremo superior. Por este motivo, el *MFE* en ocasiones se conoce también como pronóstico de sesgo (Chapman, 2006).

3.5.3 Error Porcentual Absoluto Medio

Un problema tanto con la *MAD* como con el *MSE* es que sus valores dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Si el elemento pronosticado se mide en millares, los valores de la *MAD* y del *MSE* pueden ser

muy grandes. Para evitar este problema, podemos usar el error porcentual absoluto medio (*Mean Absolute Percent Error*, por sus siglas en inglés). Éste se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como un porcentaje de los valores reales.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{y}_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100 \quad (3.15)$$

Donde:

Y_t = observaciones actuales de las series de tiempo

\hat{y}_t = series de tiempo estimadas o pronosticadas

n = número de punto de datos no faltantes

El resultado final se multiplica después por 100 y se expresa como porcentaje. Este enfoque es útil cuando el error relativo al tamaño respectivo del valor de la serie de tiempo es importante, para la evaluación de la exactitud del pronóstico.

3.6 Pasos para Pronosticar

El horizonte de tiempo de un pronóstico tiene una relación directa con la selección del método para pronosticar, en los pronósticos de corto y mediano plazo es posible emplear los métodos cuantitativos, conforme aumenta el horizonte del pronóstico se reducen las posibilidades, la tabla 3.2 se basa en la tabla de selección de una técnica de pronósticos que muestra Hanke y Winchern

(2010). Los métodos cualitativos son aplicados en horizontes de tiempo más largos.

Tabla 3.2 Selección de Método de Pronósticos Fuente: Esparza-Esparza (2017)

MÉTODO	PATRÓN DE DATOS	HORIZONTE DE TIEMPO	TIPO DE MODELO
Simple	Estacionario, Tendencia y Estacional	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Promedios Simples	Estacionario	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Promedios Móviles	Estacionario	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Suavización Exponencial	Estacionario	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Suavización Exponencial Doble	Tendencia	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Suavización Exponencial Winters	Estacional	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Regresión Simple	Tendencia	Mediano Plazo	Causal
Regresión Múltiple	Estacional	Mediano Plazo	Causal
Descomposición Clásica	Estacional	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Tendencias Exponenciales	Tendencia	Mediano y Largo Plazo	Serie de Tiempo
Box-Jenkins	Estacionario, Tendencia y Estacional	Corto Plazo	Serie de Tiempo
Regresión Múltiple de Series de Tiempo	Estacionario, Tendencia y Estacional	Mediano y Largo Plazo	Causal

Elegir un método y aplicarlo acertadamente de inicio es algo que se logra con base en la experiencia. El iniciar, diseñar e implementar un sistema de pronósticos involucra la identificación de los siguientes pasos básicos en el proceso de pronosticar (Heizer y Render, 2009):

- a) Determinar el uso del pronóstico.
- b) Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar.
- c) Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico.
- d) Recopilar los datos necesarios para elaborar el pronóstico.
- e) Seleccionar los modelos de pronóstico.
- f) Realizar el pronóstico.
- g) Validar e implementar los resultados.

Nahmias (2013) puntualiza que, una vez elegido un modelo, deben monitorearse los pronósticos con regularidad para ver si el modelo es adecuado o si ha ocurrido un cambio imprevisto en la serie, es importante recalcar que un pronóstico no debe ser sesgado, es decir, el valor esperado del error de pronóstico debe ser cero.

3.7 Importancia de los Pronósticos

Ballou (2004) menciona que el pronóstico de los niveles de demanda es vital para las empresas como un todo, ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística,

producción y finanzas. Los niveles de demanda y su programación afectan en gran medida los niveles de capacidad, las necesidades financieras y la estructura general de la empresa. Cada área funcional tiene sus propios problemas especiales de pronóstico.

Una sola empresa no es capaz de controlar todo el flujo del producto hasta que llega al cliente final, debido a esta limitante, los sistemas de información se han convertido en una herramienta muy útil para el monitoreo del producto. En la actualidad las empresas se ven en la necesidad de generar nuevas estrategias que involucren la administración de la cadena de suministros y de esta manera ser una empresa competitiva.

3.8 Enfoques de Pronóstico

Los métodos de pronósticos se utilizan para realizar enunciados sobre el valor futuro de una variable bajo estudio, ya que tener indicios de lo que va a suceder, permite reducir la incertidumbre (Montemayor, 2013). El pronóstico sólo será útil si el costo de realizarlo es menor al beneficio obtenido a partir de la toma de decisiones bajo certidumbre.

3.9 Aplicaciones de los Pronósticos

Los pronósticos, como se ha mencionado anteriormente, tienen como objetivo principal el otorgar una visión al desarrollador sobre el futuro. Montemayor (2013) menciona que la aplicación de los pronósticos es muy diversa y muchas de las variables relevantes en las organizaciones pueden estimarse. Por lo regular, a este tipo de pronósticos se les denomina micro pronósticos, por tratarse

de variables que impactan en específico a una empresa o entidad. Algunos ejemplos de estos pronósticos se encuentran en las áreas de; mercadotecnia donde es probable que el uso más común de los pronósticos en los negocios sea la estimación de la demanda para planear las estrategias de ventas, además de la participación del mercado y el posicionamiento de una marca, entre otras. Mientras que para el área de producción es necesario hacer estimaciones de las variables operativas de una empresa, tales como: Productividad, mermas, niveles de inventario, defectos de producción (control de calidad), cantidades de materia prima, etc.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se describen los materiales de apoyo utilizados para la realización de esta investigación, así como la metodología que mejor se ajusta a los datos obtenidos.

4.1 Materiales

Equipo de cómputo Dell®, Windows 10 Pro®

Microsoft Office 2019® para el análisis y graficado de los datos obtenidos en la investigación, así como presentación de avances.

Minitab 16®, para el análisis de datos con modelos estadísticos, simulando comportamientos y pronósticos.

Enterprise 8®, sistema ERP para la obtención de los datos históricos.

4.1.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2014), esta investigación puede clasificarse como no experimental. Lo anterior en virtud de que el investigador no interviene estableciendo controles en la toma de datos, sino que estos serán tomados conforme se presenta la demanda de los 5 productos de empaque que serán sujetos al estudio. Por otra parte, es de corte longitudinal, ya que los datos recopilados se harán a través de una línea de tiempo semanal suponiendo un antes y un después de la adopción de un modelo de pronósticos.

Asimismo, este trabajo está basado en métodos cuantitativos, se basa en mediciones objetivas acerca de las variables específicas, en nuestro caso la demanda relativa a cinco productos en estudio. Los datos de la demanda recopilada serán introducidos a un modelo de pronósticos para su interpretación.

4.2 Métodos

La tabla 4.1 muestra las etapas que se cubrirán durante la realización de la investigación.

Tabla 4.1 Etapas de la Investigación

Etapa		Descripción / Acción	Resultado
I	Recolección de datos históricos	Se recolectarán las demandas de los números de parte de empaques que se analizarán durante la investigación	Estos datos se presentaron en el capítulo 1 "Planteamiento del problema"
II	Identificación de tendencia, estacionalidad, y ciclos	Se analizarán los datos de 5 números de parte recolectados para establecer tendencias y estacionalidades de uso por parte de los clientes.	Se identificaron las tendencias, estacionalidades y ciclos de los 5 números de parte sujetos al estudio.
III	Selección del modelo de pronósticos	Se seleccionará el modelo de pronósticos que más se aproxime a las demandas reales, es decir, cuyo error de pronóstico sea menor.	Se adopta un modelo de pronóstico para cada uno de los números sujetos a estudio.
IV	Adopción del modelo para el cálculo de demandas futuras	Se analizarán los datos recolectados utilizando los modelos seleccionados y se hará la comparación con el dato real. Se recomienda el análisis por semana.	Se obtuvieron pronósticos semanales mediante el método seleccionado y se compararon con el resultado real obtenido pasado el periodo de facturación.
V	Prueba de datos reales contra datos pronosticados	Se realizarán pruebas de normalidad, así como una comparación de medias para comprobar que los datos reales, así como los pronosticados son estadísticamente iguales.	Se comprueba que los datos pronosticados son estadísticamente iguales al uso real.

Tabla 4.1 Etapas de la Investigación (Continuación)

VI	Seguimiento, verificación de la técnica y resultados	Concluida cada semana se debe seguir recopilando información para mantener el modelo actualizado, de esta manera se podrá observar si la técnica elegida sigue siendo la correcta y si los resultados son los convenientes para la adquisición de materiales.	Saber si la técnica de pronóstico sigue siendo la correcta para hacer una buena planeación en la compra de materiales.
----	--	---	--

4.2.1 Etapas de la Investigación

El método consta de seis etapas. En la primera etapa se obtienen los datos y el análisis presentado en el capítulo 1.

En la segunda etapa se identificarán los usos que se tienen sobre los cinco números de parte elegidos para el estudio, estableciendo tendencias y estacionalidades que servirán como base para la selección del método de pronósticos. Es indispensable buscar patrones dentro de los datos a lo cual nos referimos como tendencias y estacionalidad, esto con la finalidad de determinar la técnica a utilizar. Teniendo un pronóstico, éste se debe ajustar a los datos históricos para que sea funcional y operativo con los datos pronosticados a futuro, es decir, validando los datos del pasado, se pronosticaran los datos del futuro.

Durante la tercera etapa, el enfoque será probar los métodos de pronósticos actuales para determinar cuál es el que más se apega a las demandas reales que existen por parte de los clientes, buscando que el error de pronóstico sea el menor posible.

Los pronósticos cuantitativos para el control de inventarios son altamente efectivos si se utilizan para predecir el comportamiento futuro a corto plazo, en

este caso se recomienda que el pronóstico sea hecho una vez a la semana, esto implica que la segunda semana pronosticada debe incluir los datos de venta reales y no el pronóstico de la semana anterior inmediata. Esto corresponde a las acciones de la cuarta etapa.

En la quinta etapa se establecen se realiza el análisis de normalidad, así como la comparación de medias de los usos reales contra los datos pronosticados, esto para comprobar que los datos sean estadísticamente similares y que comprobar que el pronóstico obtenido sea confiable. Lo anterior bajo comportamiento normal, de lo contrario se realizan pruebas no paramétricas.

En la etapa seis se le dará seguimiento además de verificación a la técnica y resultados. Concluido cada periodo, se debe seguir recopilando información para mantener el modelo actualizado, de esta manera se podrá observar si la técnica elegida sigue siendo la correcta y si los resultados son los convenientes para la planeación de la compra de materiales.

4.2.2 Recopilación de Datos Históricos

La presente investigación se realizó en una empresa proveedora de empaques, se pretende encontrar e implementar un método de pronósticos que se ajuste a las demandas de la empresa y funcione como una herramienta para mantener niveles de inventarios que permitan satisfacer las demandas de sus clientes actuales, reducir el nivel de inventarios, así como evitar los excesos de inventarios que deriven en altos costos de almacenamiento y la saturación del espacio efectivo de almacén.

Los datos históricos para esta investigación se tomaron entre los meses de junio de 2020 a diciembre de 2020, para este periodo, se pretende identificar la tendencia, estacionalidad y ciclos de la demanda. Uno de los puntos más importantes para llevar a cabo la selección eficiente de una técnica de pronósticos es analizar los datos recabados e identificar patrones que nos permitan seleccionar una técnica de pronósticos, estos patrones son la tendencia, la estacionalidad y los ciclos. La técnica de pronósticos seleccionada se debe ajustar a los datos históricos para que sea funcional y operativo con los datos del futuro.

4.2.3 Análisis de Datos y Situación Actual.

A través de un estudio de tendencia de datos, se muestra el comportamiento en relación con las cantidades consumidas por periodo de facturación para los cinco números de parte seleccionados en el estudio los cuales representan los mayores niveles de venta. Cabe mencionar que, para evitar caer en faltantes de material, los niveles de inventario son controlados por el administrador mediante un cálculo basado en el promedio de consumo obtenido de las facturaciones de los últimos dos meses por lo que las compras se realizan sin considerar si es una demanda temporal u obedece a algún tipo de estacionalidad o ciclos que puedan presentarse.

4.2.3.1 Producto CONT-98-5000-0054-3-00

Siguiendo la base de la investigación, se inicia con el primer número de parte seleccionado, se analizó la demanda histórica de 30 periodos de facturación para el número de parte CONT-98-5000-0054-3-00 el cual representa el mayor

número de ventas para la empresa. Los datos recopilados se muestran tabulados en la tabla 4.2 así como en la figura 4.1.

Tabla 4.2 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0054-3-00

Producto CONT-98-5000-0054-3-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	140	11	17	21	2008
2	135	12	62	22	1577
3	20	13	77	23	905
4	455	14	10	24	1406
5	400	15	12	25	893
6	500	16	393	26	681
7	215	17	35	27	369
8	159	18	750	28	445
9	10	19	1474	29	440
10	85	20	3571	30	309

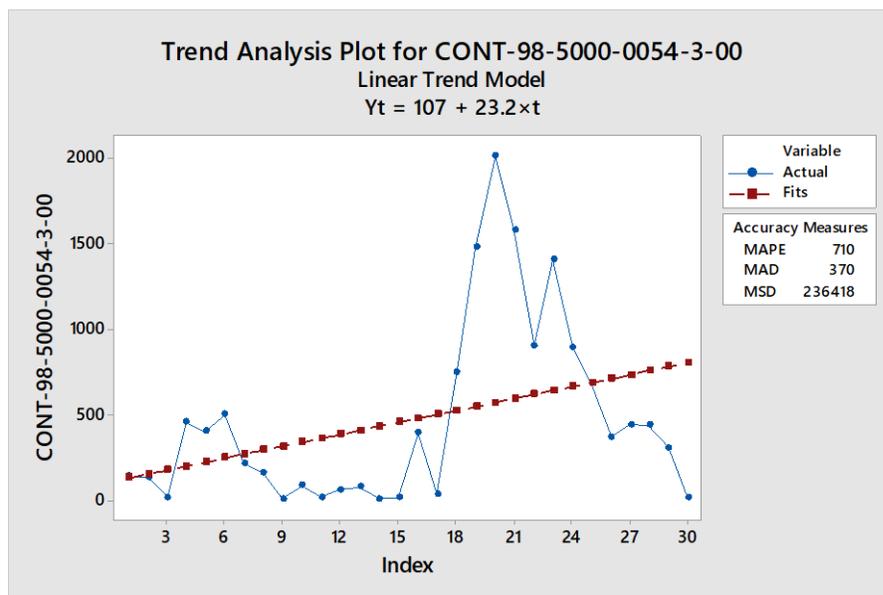


Figura 4.1 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto

CONT-98-5000-0054-3-00

Si observamos la figura 4.1, se aprecia que un gráfico que nos muestra una tendencia ascendente en los datos analizados. A su vez también se aprecia que, durante el periodo analizado de 30 semanas, los datos mantienen una tendencia estable, sin embargo, existen repuntes en la demanda del material.

4.2.3.2 Producto CONT-98-5000-0055-4-00

Siguiendo con el análisis de los productos, se analizó la demanda histórica suavizada de 30 periodos de facturación del número de parte CONT-98-5000-0055-4-00. Los datos recopilados se muestran recopilados en la tabla 4.3 así como en la figura 4.2.

Tabla 4.3 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0055-4-00

Producto CONT-98-5000-0055-4-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	300	11	517	21	1399
2	260	12	259	22	332
3	1500	13	170	23	315
4	625	14	80	24	556
5	450	15	310	25	411
6	800	16	705	26	472
7	475	17	705	27	1730
8	304	18	1248	28	1045
9	175	19	2362	29	900
10	300	20	61	30	2465

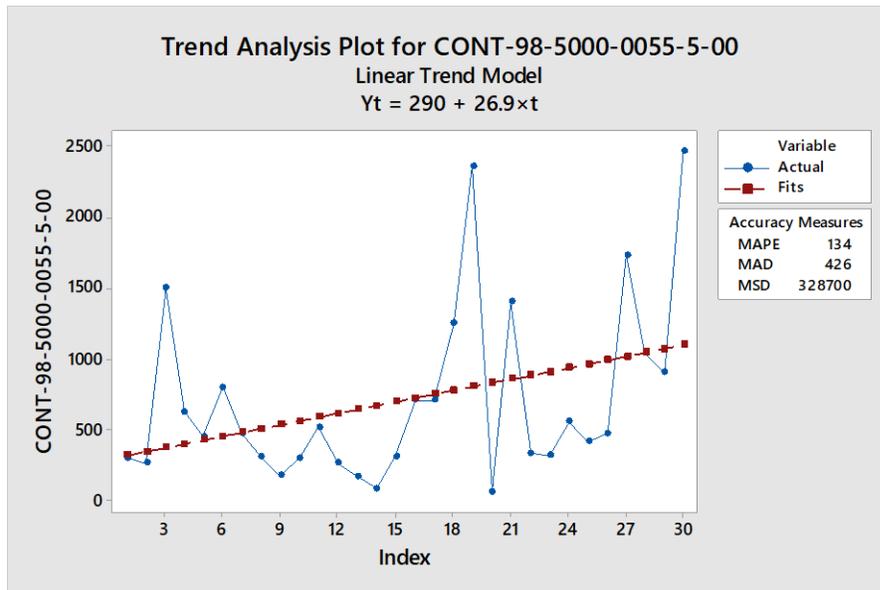


Figura 4.2 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto
 CONT-98-5000-0055-4-00

Al observar la figura 4.2, se puede identificar que la demanda se comporta de manera regular, sin embargo, existen repuntes bastante pronunciados que pueden ser traducidos en cortos de material si el administrador no cuenta con el inventario suficiente, a su vez, el mantener este nivel de inventario para evitar cortos en los repuntes puede significar mantener una cantidad excesiva de material la cual en muchos de los casos se convierte en obsoletos.

4.2.3.3 Producto CONT-98-5000-0055-5-00

El siguiente número en ser analizado es el número de parte CONT-98-5000-0055-5-00, se analizó la demanda histórica en 30 periodos de facturación obteniendo los resultados suavizados mostrados en la tabla 4.4 así como la gráfica obtenida en la figura 4.3.

Tabla 4.4 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-5000-0055-5-00

Producto CONT-98-5000-0055-5-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
2	111	12	940	25	510
3	133	13	790	26	497
4	35	14	250	27	580
5	92	16	160	28	1809
6	260	18	116	29	999
7	22	20	346	30	196
8	533	21	100	31	568
9	330	22	400	32	458
10	195	23	551	33	1774
11	46	24	526	34	398

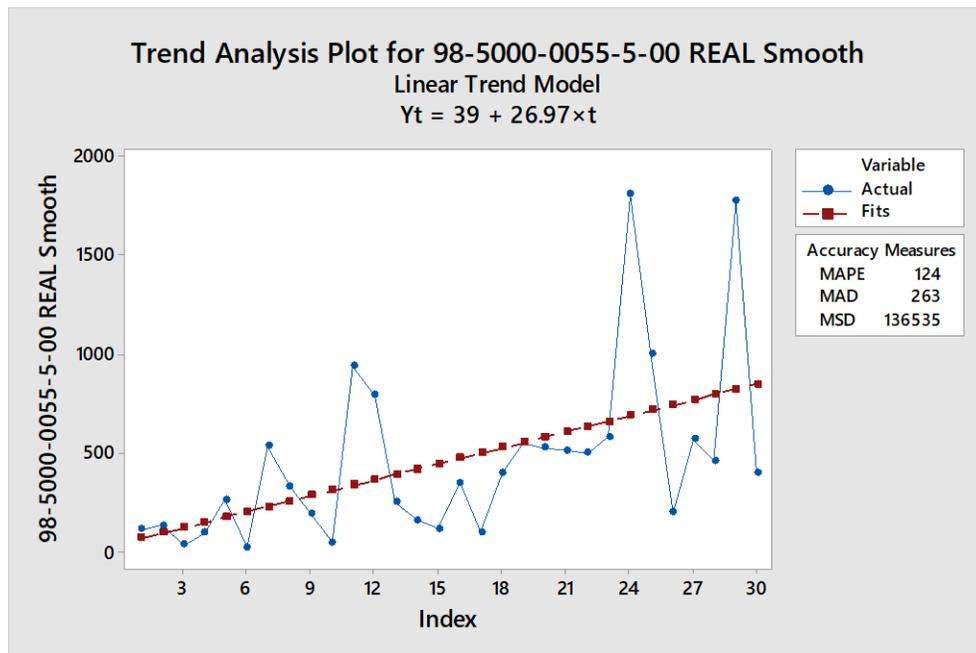


Figura 4.3 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-5000-0055-5-00

Al analizar el gráfico obtenido en la figura 4.3, se puede observar que el número de parte CONT-98-5000-0055-5-00 muestra un comportamiento ligeramente ascendente, sin embargo, al igual que el número CONT-98-5000-0055-4-00, se aprecia un repunte al final de los datos analizados que no sigue la

tendencia y marca la probabilidad de incurrir en faltantes de material lo que perjudicaría la operación del cliente que, a su vez, podrían derivar en cargos por penalización debido a líneas caídas.

4.2.3.4 Producto CONT-98-9005-8126-00-0

El siguiente número de parte que comprende el estudio es el CONT-98-9005-8126-00-0, se obtuvieron y analizaron los datos históricos de 30 periodos de facturación los cuales se muestran en la tabla 4.5 así como en la figura 4.4.

Tabla 4.5 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-9005-8126-0-00

Producto CONT-98-9005-8126-00-0					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	1100	11	343	21	298
2	295	12	22	22	1616
3	14	13	13	23	176
4	413	14	4	24	435
5	95	15	100	25	632
6	79	16	28	26	140
7	725	17	754	27	903
8	220	18	661	28	1663
9	125	19	354	29	382
10	645	20	269	30	396

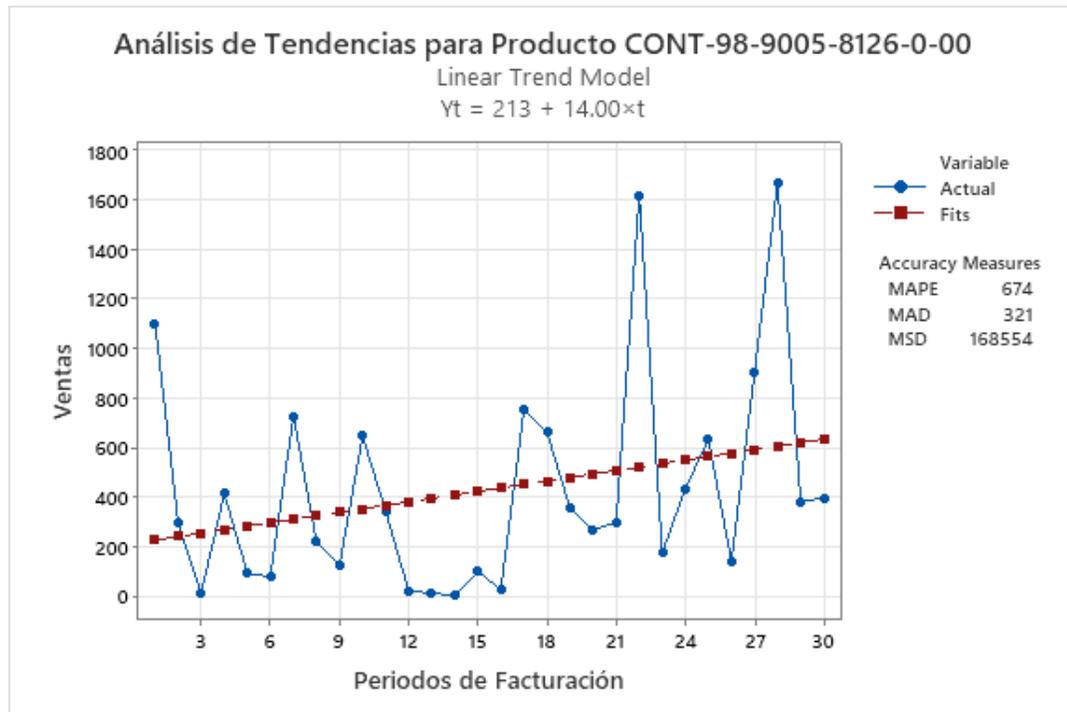


Figura 4.4 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-9005-8126-0-00

Los datos recopilados muestran que el número de parte CONT-98-9005-8126-0-00 tiene una tendencia ascendente con ventas relativamente regulares comparados con los últimos 3 números sujetos de estudio, sin embargo, también se alcanzan a notar ciertos periodos donde las demandas experimentan un repunte.

4.2.3.5 Producto CONT-98-9005-8127-0-00

El último número de parte al cual se le realiza el análisis de tendencia es el CONT-98-9005-8127-0-00, se recopilaron y analizaron los datos históricos de 30

periodos de facturación, estos son mostrados a continuación en la tabla 4.6 así como en la figura 4.5.

Tabla 4.6 Ventas por Periodo del Producto CONT-98-9005-8127-0-00

Producto CONT-98-9005-8127-0-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	90	11	47	21	1167
2	78	12	2	22	699
3	75	13	25	23	217
4	52	14	25	24	558
5	347	15	515	25	725
6	96	16	130	26	1055
7	175	17	415	27	2429
8	365	18	178	28	1400
9	45	19	32	29	500
10	60	20	678	30	500

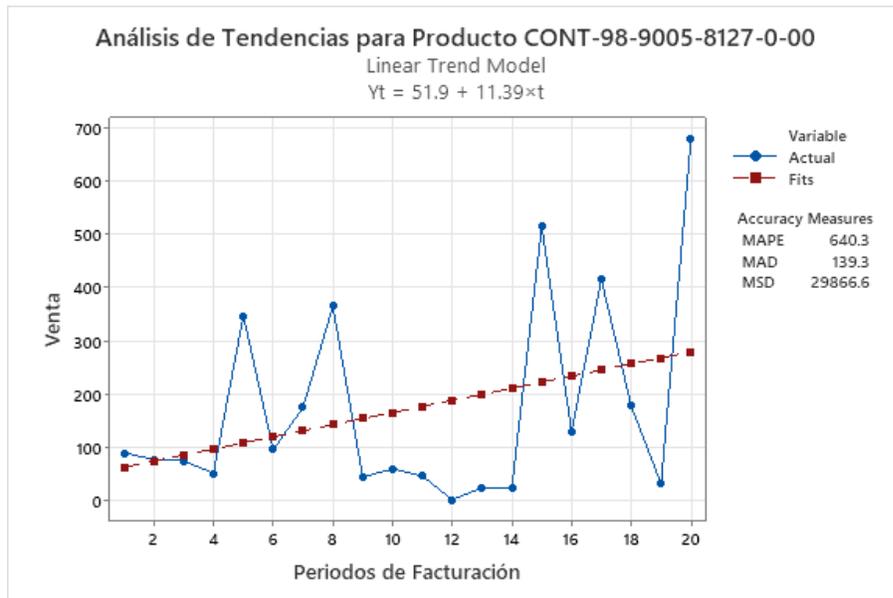


Figura 4.5 Gráfica de Ventas Durante 30 Periodos de Facturación del Producto CONT-98-9005-8127-0-00

Al realizar el análisis del número de parte CONT-98-9005-8127-0-00, podemos denotar que la demanda muestra una tendencia ascendente, sin

embargo, también se muestra un periodo en el cual los usos se reducen al mínimo y hacia el final del estudio, los usos muestran un repunte en la demanda.

4.2.4 Seleccionar Métodos de Pronósticos.

Después de analizar los datos para esta investigación, se decidió trabajar sobre tipos de pronósticos cuantitativos, ya que este tipo de modelos son utilizados cuando se cuenta con información de histórica sobre la variable a analizar. Los métodos que fueron seleccionados para el análisis son la técnica de Holt y el método Winters.

De acuerdo con Hanke y Wichern (2010), la técnica de Holt suaviza directamente el nivel y la pendiente usando diferentes constantes de suavización para cada uno. Estas constantes de suavización proporcionan estimados del nivel y la pendiente que se adaptan en el tiempo conforme se dispone de nuevas observaciones. Una de las ventajas de la técnica de Holt es que ofrece un alto grado de flexibilidad en la selección de coeficientes con los cuales se controla el nivel y la tendencia. Y es denotada por la ecuación:

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (3.7)$$

Donde:

S_t = equivalente del valor suavizado exponencial.

β = coeficiente de suavizamiento, análogo a α .

T_t = tendencia suavizada en la serie de datos.

S_{t-1} = nivel previamente suavizado.

T_{t-1} = tendencia previa.

El modelo de suavizamiento exponencial corregido y estacional de Winters se basa en tres ecuaciones, cada una suaviza un factor asociado con uno de los tres componentes del patrón, aleatoriedad, tendencia y estacionalidad. Las ecuaciones (3.8), (3.9) y (3.10) mencionadas anteriormente:

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha) (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4.2)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (4.3)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma) I_{t-L} \quad (4.4)$$

S = valor suavizado de la serie estacionalizada.

X_t = nueva observación o valor real en el periodo t .

α = constante de suavización del nivel.

β = constante de suavización para el estimado de tendencia.

T = valor suavizado de la tendencia.

γ = constante de suavización para el estimado de estacionalidad.

I = valor suavizado del factor estacional.

L = duración de la estacionalidad (ejemplo, número de meses o trimestres en un año).

Los métodos de pronósticos Holt-Winters tienen una aplicación en productos con demandas inciertas, donde la utilización de estos dos modelos acompañados del modelo de suavización exponencial arrojó valores de confiabilidad iguales o similares, lo cual significa que la aplicación de cualquiera de estos es confiable para la realización de pronósticos con demandas inciertas (Rodríguez et al. 2010).

4.2.5 Conclusiones, Seguimiento y Verificación del Modelo.

Se hace la verificación de técnicas y resultados. Una vez implementado el plan de compras para los materiales, se deben de analizar y explorar las posibles dudas que surjan entre los involucrados en el estudio y conocer los detalles de este último ya que servirá como respuesta a las posibles dudas e información para obtener resultados y analizarlos.

Se mantendrá la recopilación de la información en base semanal y se realizarán pruebas de comparación de medias para saber si el modelo seleccionado da un buen comportamiento real y normal de los datos.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se obtendrán los valores para obtener pronósticos confiables de los números de parte los cuales fueron seleccionados para este estudio, en esta etapa, se mostrarán los resultados obtenidos durante los siguientes periodos obtenidos a través del pronóstico, así como los resultados de usos reales obtenidos. Los estudios realizados fueron obtenidos mediante métodos de pronósticos cuantitativos.

5.1 Presentación de Resultados

A continuación, se presentarán los datos recopilados de los cinco números de parte sujetos a este estudio. Los valores mostrados de α , γ y δ son los que mostraron los menores valores de error de pronósticos (MAPE, MAD y MSD).

5.1.1 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0054-3-00

A continuación, se presentan los datos recopilados del caso de estudio CONT-98-5000-0054-3-00, la tabla 5.1 muestra la demanda de 30 periodos de facturación entre los meses de junio y diciembre del 2020.

Tabla 5.1 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020

Producto CONT-98-5000-0054-3-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	140	11	17	21	2008
2	135	12	62	22	1577
3	20	13	77	23	905
4	455	14	10	24	1406
5	400	15	12	25	893
6	500	16	393	26	681
7	215	17	35	27	369
8	159	18	750	28	445
9	10	19	1474	29	440
10	85	20	3571	30	309

Una vez obtenidos los datos, se procedió con un análisis de tendencia para observar el comportamiento de este número de parte, la figura 5.1 muestra el grafico de tendencia obtenido para este caso.

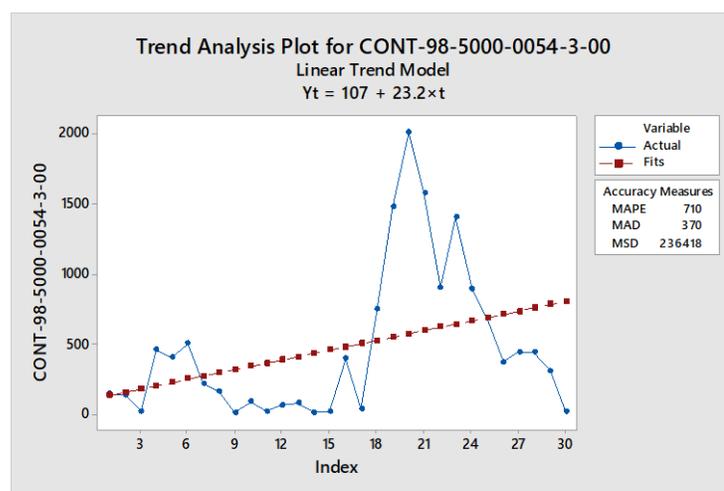


Figura 5.1 Análisis de Tendencia para CONT-98-5000-0054-3-00

Al analizar los datos de la figura 5.1, se puede concluir que muestran una tendencia, no se observa un comportamiento de estacionalidad o cíclico por lo que se procede con un pronóstico suavizado exponencial doble, los niveles

utilizados son $\alpha=0.60$ (nivel) y $\gamma=0.60$ (tendencia), $\alpha= 0.80$ (nivel) y $\gamma=0.80$ (tendencia) los cuales son presentados en la figura 5.2.

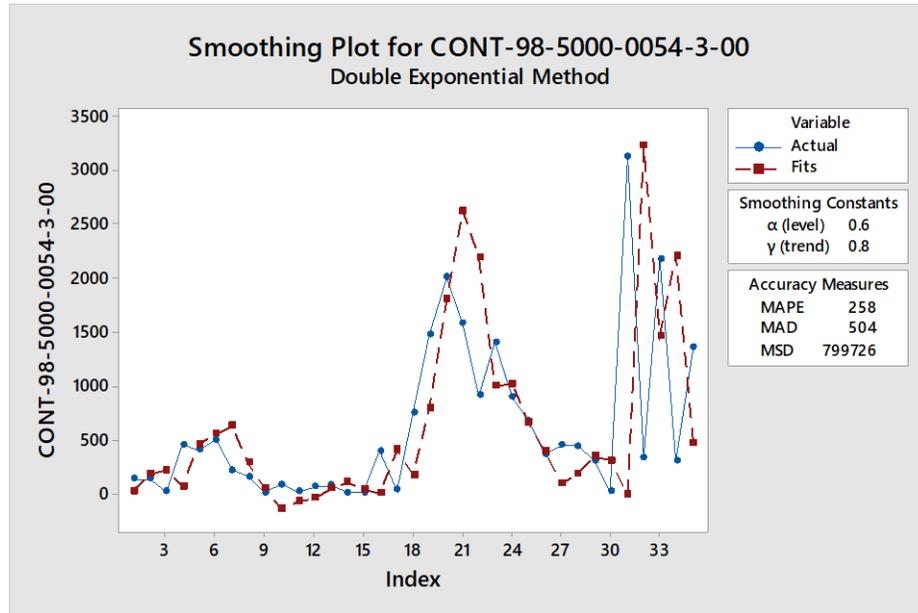


Figura 5.2 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$

Se observa que, al utilizar estos valores se comportan de una manera muy similar a la demanda real. En la tabla 5.2 se muestran los usos reales de los siguientes cinco periodos de facturación comparados con los pronósticos obtenidos mediante esta herramienta.

Tabla 5.2 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada

CONT-98-5000-0054-3-00		
Semana	Real	Pronosticada
31	3125	1868.9
32	337	1492.2
33	2179	1892.2
34	298	1061.3
35	1358	998.5

Para validar los datos obtenidos, se realizó una prueba de normalidad a los datos históricos de la demanda. En la figura 5.3 se muestra el resultado obtenido para los datos históricos, a su vez, en la figura 5.4 se muestran los resultados para los datos pronosticados.

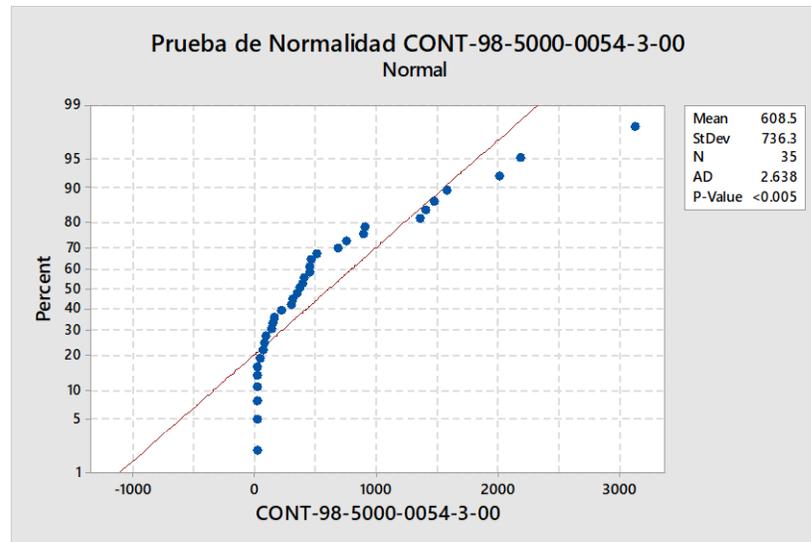


Figura 5.3 Prueba de Normalidad con Datos Reales

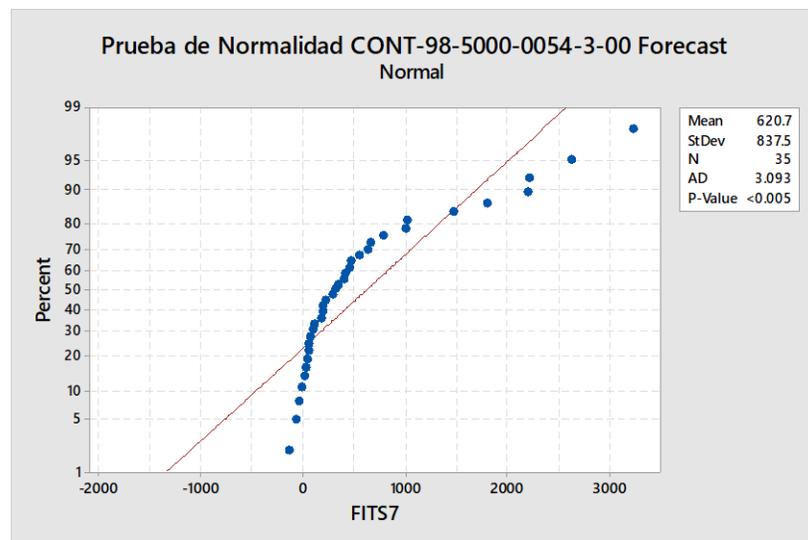


Figura 5.4 Prueba de Normalidad con Datos Pronosticados

En base con los resultados obtenidos en las pruebas de normalidad, se concluye que los datos tienen un comportamiento no normal ya que el valor obtenido de $p < 0.005$, por lo tanto, se procede con una prueba No-Paramétrica para comprobar la igualdad de medianas.

$$H_0: \tilde{\mu}_{reales} = \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.1)$$

$$H_1: \tilde{\mu}_{reales} \neq \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.2)$$

La figura 5.5 obtenida de Minitab® muestra los resultados obtenidos de la prueba No-Paramétrica realizada para la comprobación del pronóstico con Suavización Exponencial Doble.

Descriptive Statistics			Test			
	Sample	N	Median	Null hypothesis	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
				Alternative hypothesis	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
				Method	W-Value	P-Value
	CONT-98-5000-0054-3-00	35	369.000	Not adjusted for ties	1262.00	0.823
	FITS7	35	309.949	Adjusted for ties	1262.00	0.823

Figura 5.5 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0054-3-00

Después de realizar la prueba No-Paramétrica, se puede concluir que no existe una diferencia entre las medianas del pronóstico ajustado comparado con la demanda real debido a que el valor p obtenido en el análisis es 0.823, por lo tanto, los datos obtenidos del pronóstico son estadísticamente confiables. Considerando que existe varianza constante a través del tiempo, se hace una comparación de varianzas.

$$H_0: \sigma^2_{reales} = \sigma^2_{pronosticadas} \quad (5.3)$$

$$H_1: \sigma^2_{reales} \neq \sigma^2_{pronosticadas} \quad (5.4)$$

La figura 5.6 muestra los resultados obtenidos de la prueba realizada para la igualdad de varianzas de los datos históricos y los datos pronosticados, el resultado obtenido da como resultado un valor $p = 0.656$.

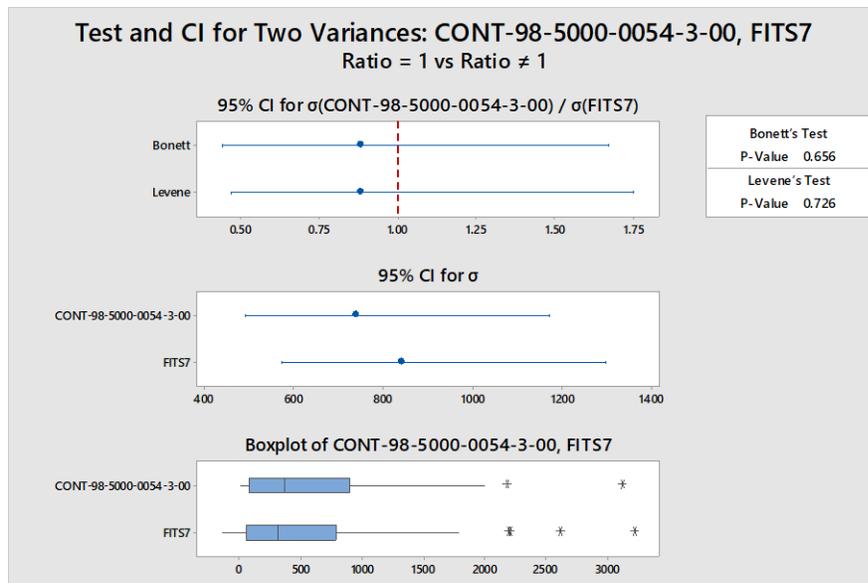


Figura 5.6 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados

Con los datos obtenidos mediante la prueba de igualdad de varianzas, se puede concluir que los grados de dispersión de los datos históricos reales comparados con los datos pronosticados tienen un comportamiento muy parecido por lo que se puede concluir que existe igualdad de medianas y que los datos pronosticados son confiables.

5.1.2 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0055-4-00

Siguiendo con la investigación se procede con la proyección del número de parte CONT-98-5000-0055-4-00, la tabla 5.3 nos muestra los datos de venta recopilados.

Tabla 5.3 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020

Producto CONT-98-5000-0055-4-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	300	11	517	21	1399
2	260	12	259	22	332
3	1500	13	170	23	315
4	625	14	80	24	556
5	450	15	310	25	411
6	800	16	705	26	472
7	475	17	705	27	1730
8	304	18	1248	28	1045
9	175	19	2362	29	900
10	300	20	61	30	2465

Obtenidos los datos de la demanda, se procede a realizar un análisis de tendencia de estos los cuales son mostrados en la Figura 5.7.

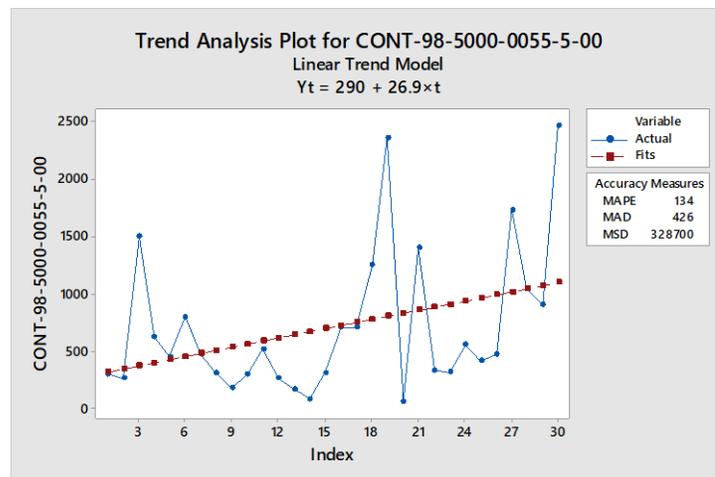


Figura 5.7 Análisis de Tendencia para CONT-98-5000-0055-5-00

Como se estableció en el capítulo 4, los datos analizados muestran una tendencia sin estacionalidad o ciclos por lo cual, se selecciona el modelo de Suavización Exponencial Doble para realizar el pronóstico con niveles de $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$. Una vez realizado el pronóstico se obtienen los resultados mostrados en la figura 5.8.

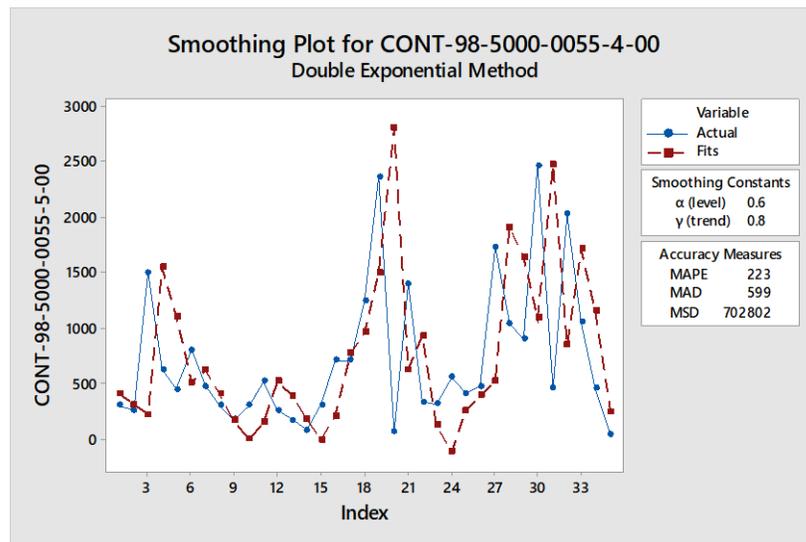


Figura 5.8 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$

Si observamos la figura 5.8, podemos observar que el pronóstico se comporta de manera muy similar a los datos reales obtenidos de la empresa. En la tabla 5.4 se muestran los siguientes cinco periodos de facturación junto a los datos pronosticados obtenidos mediante esta técnica.

Tabla 5.4 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada

CONT-98-5000-0055-4-00		
Semana	Real	Pronosticada
31	454	1259.77
32	2029	1556.17
33	1049	1313.69
34	454	732.65
35	38	116.88

Continuando con la dinámica para la comprobación de los datos obtenidos, se realiza una prueba de normalidad para los datos históricos, así como para los datos pronosticados. En la figura 5.9 se muestran los resultados para los datos históricos, a su vez, en la figura 5.10 se muestran los resultados para los datos pronosticados.

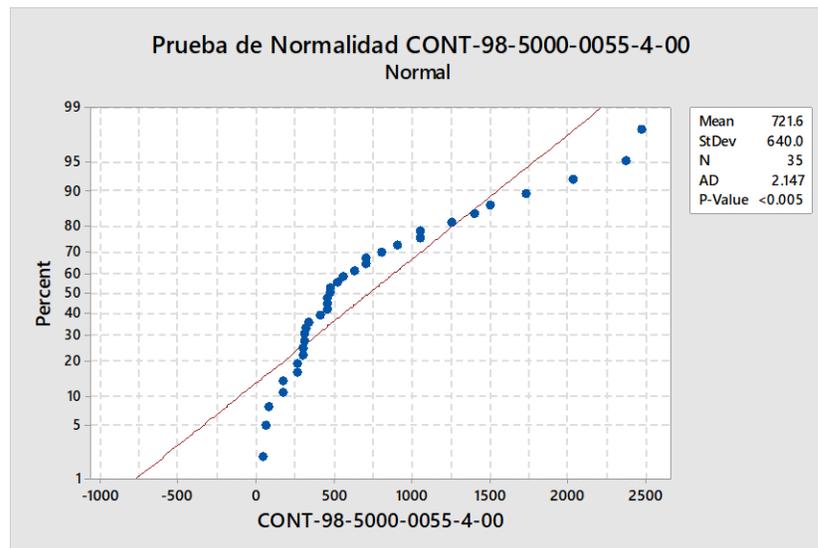


Figura 5.9 Prueba de Normalidad Datos Históricos

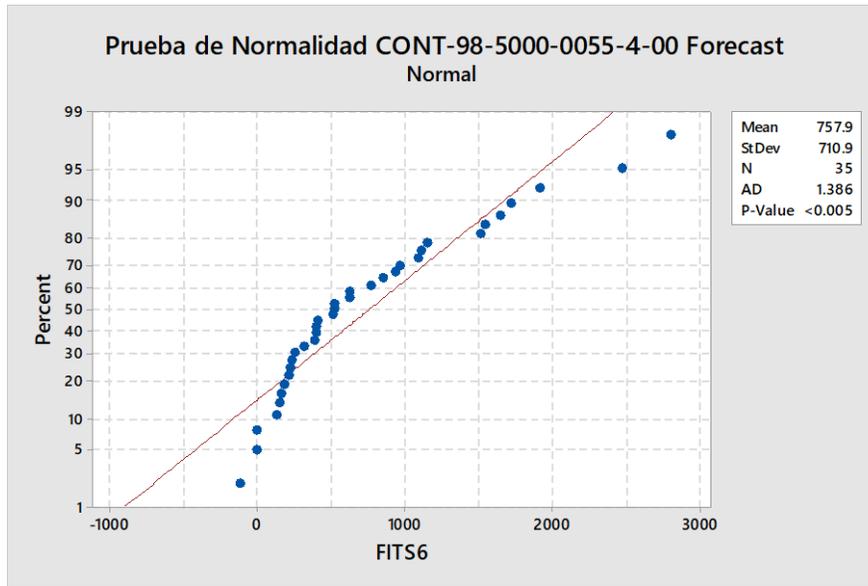


Figura 5.10 Prueba de Normalidad Datos Pronosticados

Al analizar los resultados, podemos observar que el valor $p < 0.005$ para ambos grupos de datos por lo que se continúa con estadística No-Paramétrica buscando la confiabilidad del pronóstico realizado probando la igualdad de medianas.

$$H_0: \tilde{\mu}_{reales} = \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.5)$$

$$H_1: \tilde{\mu}_{reales} \neq \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.6)$$

Descriptive Statistics			Estimation for Difference		
Sample	N	Median	Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
CONT-98-5000-0055-4-00	35	472.000	4.09480	(-225.576, 217.095)	95.02%
FITS6	35	518.219			

Test		
Method	W-Value	P-Value
Null hypothesis	H ₀ : η ₁ - η ₂ = 0	
Alternative hypothesis	H ₁ : η ₁ - η ₂ ≠ 0	
Not adjusted for ties	1247.00	0.963
Adjusted for ties	1247.00	0.963

Figura 5.11 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0055-4-00

Los resultados obtenidos de la prueba No-Paramétrica nos arrojan un valor $p=0.963$ por lo que se puede concluir que los datos son estadísticamente confiables. Se prosigue con una prueba de varianzas para corroborar los resultados obtenidos. Los datos obtenidos se representan en la figura 5.12.

$$H_0: \sigma^2_{reales} = \sigma^2_{pronosticadas} \quad (5.7)$$

$$H_1: \sigma^2_{reales} \neq \sigma^2_{pronosticadas} \quad (5.8)$$

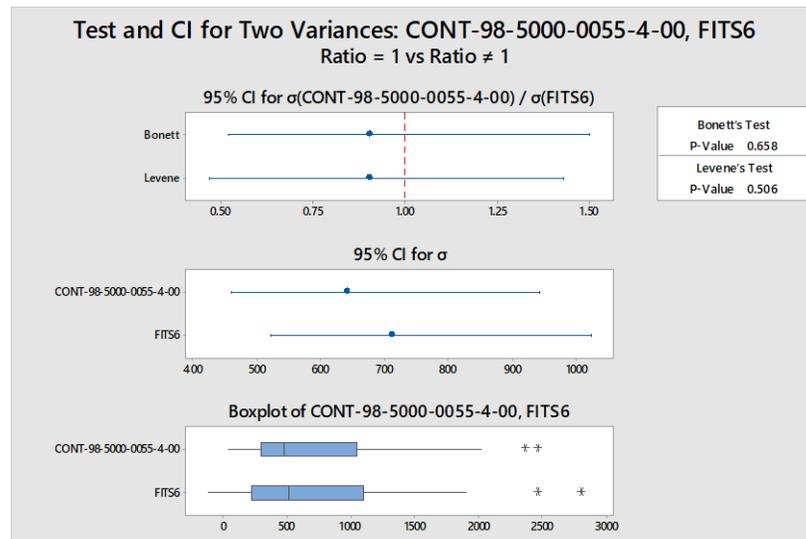


Figura 5.12 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados

Con los datos obtenidos mediante la prueba de igualdad de varianzas, se puede concluir que los grados de dispersión de los datos históricos reales comparados con los datos pronosticados tienen un comportamiento muy parecido por lo que se puede concluir que estadísticamente existe igualdad de medianas y que los datos pronosticados son confiables para este caso.

5.1.3 Presentación de Resultados CONT-98-5000-0055-5-00

Continuando con el estudio, como se concluyó en el capítulo anterior, el método de pronóstico seleccionado para este número de parte es, al igual que en los últimos dos casos, la Suavización Exponencial Doble debido a que los datos muestran tendencia sin estacionalidad o algún tipo de demanda cíclica y el error obtenido fue el menor.

En la tabla 5.5 se muestran los datos de venta recopilados durante 30 periodos entre los meses de junio y diciembre 2020.

Tabla 5.5 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020

Producto CONT-98-5000-0055-5-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	111	11	940	21	510
2	133	12	790	22	497
3	35	13	250	23	580
4	92	14	160	24	1809
5	260	15	116	25	999
6	22	16	346	26	196
7	533	17	100	27	568
8	330	18	400	28	458
9	195	19	551	29	1774
10	46	20	526	30	398

Una vez obtenidos los datos de ventas del periodo seleccionado y como parte de la investigación, se realiza el análisis de tendencia para el caso en estudio. La figura 5.13 muestra el resultado obtenido.

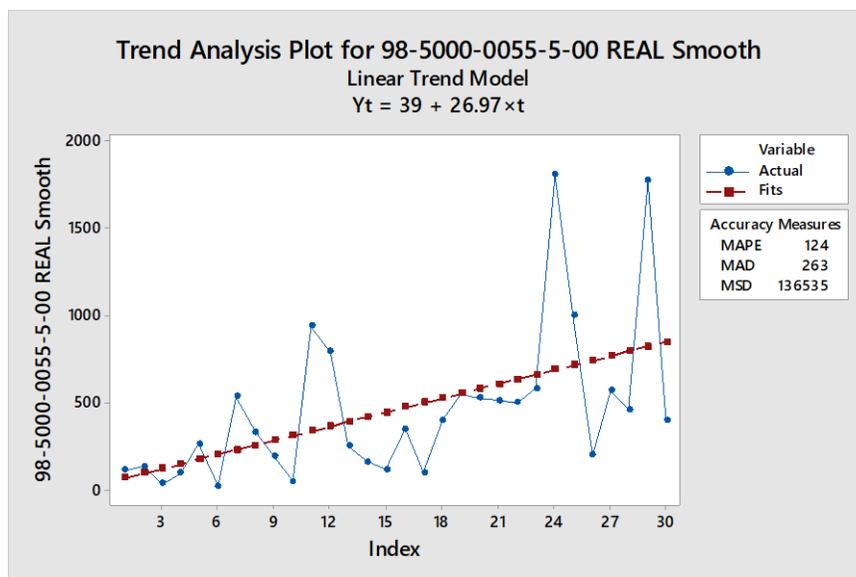


Figura 5.13 Análisis de Tendencia Para CONT-98-5000-0055-5-00

La interpretación de la gráfica no es diferente a la de los últimos dos casos analizados, la tendencia es similar a sus pares de empaque por lo cual, se procede con el mismo método de pronósticos manteniendo los niveles $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$. Los resultados del pronóstico se muestran en la figura 5.14.

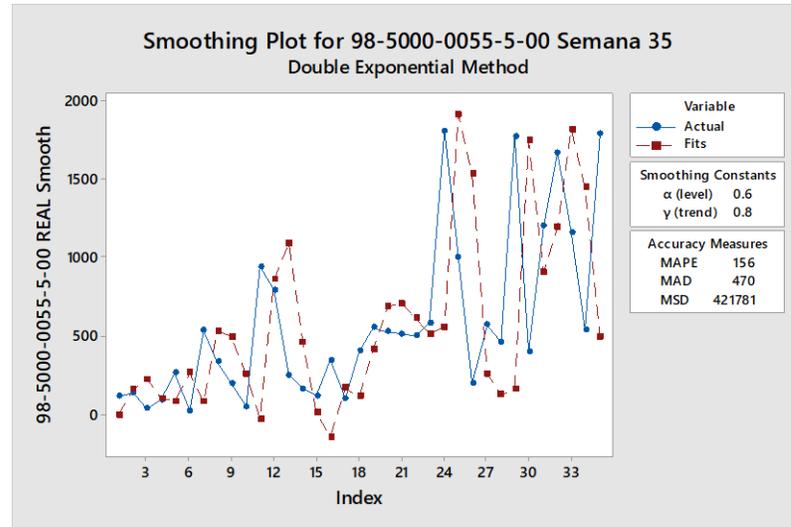


Figura 5.14 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$

Como se observa en la figura 5.14, los datos pronosticados se comportan de una manera muy similar a los datos reales obtenidos. Los datos obtenidos para los siguientes cinco periodos de facturación se muestran en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada

CONT-98-5000-0055-5-00		
Semana	Real	Pronosticada
31	1198	1080
32	1667	1476
33	1159	1421
34	538	901
35	1787	1268

Continuando con el ejercicio de pronóstico, se procede a realizar el análisis de normalidad a los datos históricos, presentados en la figura 5.15 y a los datos pronosticados los cuales son los presentados en la figura 5.16.

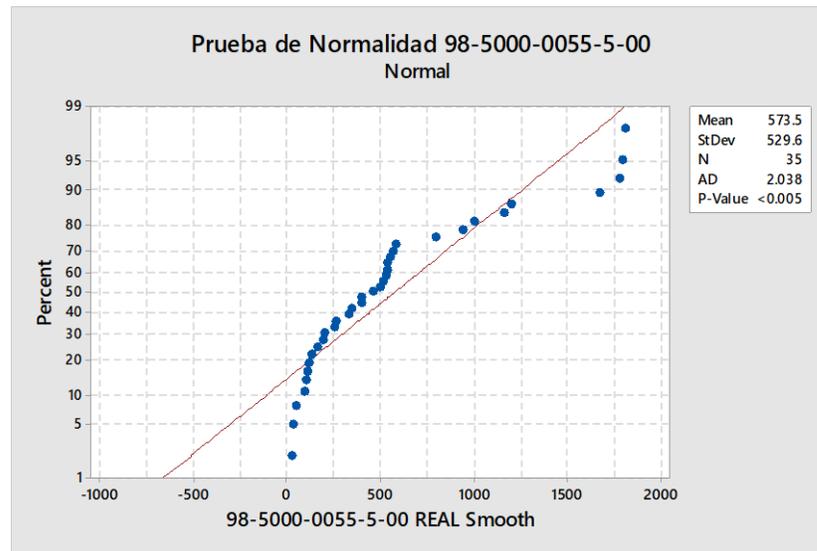


Figura 5.15 Análisis de Normalidad Para Datos Históricos

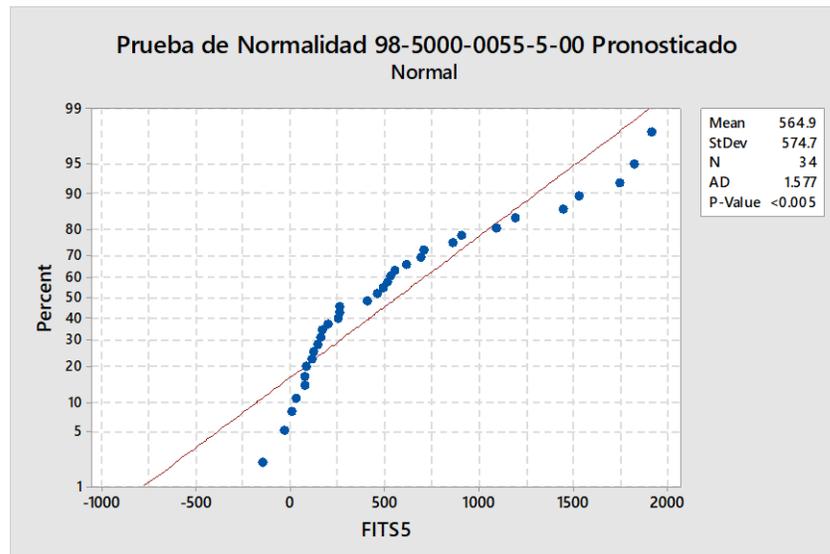


Figura 5.16 Análisis de Normalidad Para Datos Pronosticados

Como se puede interpretar en ambas gráficas, el valor $p < 0.005$ por lo que se concluye que los datos analizados no son normales por lo que se procede a realizar un estudio mediante estadística No-Paramétrica para determinar si los datos obtenidos mediante la herramienta de pronóstico son confiables. En la figura 5.17 se muestran los resultados obtenidos en la prueba realizada.

$$H_0: \tilde{\mu}_{reales} = \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.9)$$

$$H_1: \tilde{\mu}_{reales} \neq \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.10)$$

Descriptive Statistics			Estimation for Difference		
Sample	N	Median	Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
98-5000-0055-5-00 REAL Smooth	35	458.000	24.9554	(-151.634, 236.928)	95.02%
FITS6	35	456.286			

Test	
Null hypothesis	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$
W-Value	P-Value
1269.00	0.760

Figura 5.17 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-5000-0055-5-00

Como podemos interpretar en el análisis con estadística No-Paramétrica, obtenemos un valor $p = 0.760$ por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa y se confirma la hipótesis nula por lo que podemos afirmar que no existen diferencias en las medianas de las muestras probadas.

Para corroborar los resultados, se realiza una prueba de varianzas a los datos históricos, así como a los datos pronosticados buscando probar si existe

alguna diferencia que determinaría si el pronóstico es confiable. Los resultados son presentados en la figura 5.18.

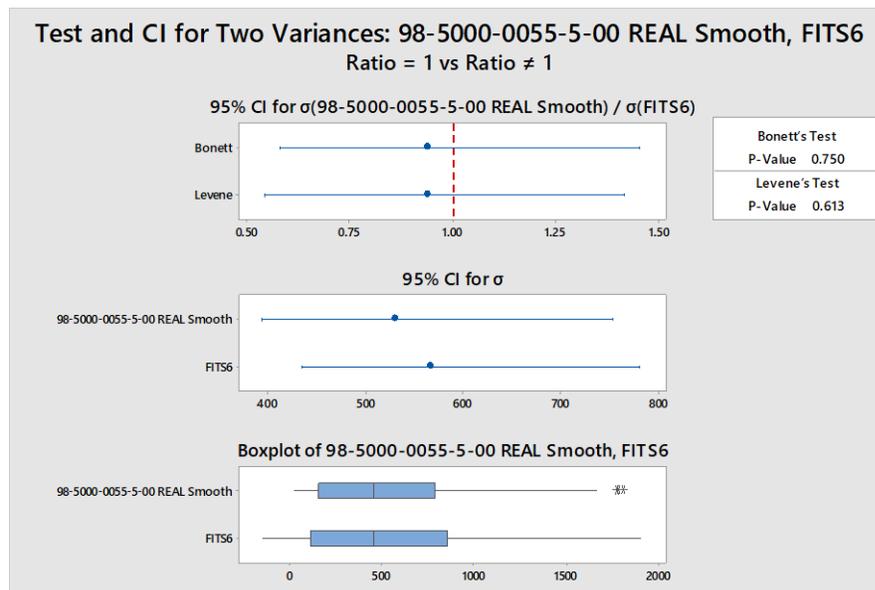


Figura 5.18 Prueba de Varianzas Datos Reales vs Datos Pronosticados

Con los datos obtenidos mediante la prueba de igualdad de varianzas, se puede concluir que los grados de dispersión de los datos históricos reales comparados con los datos pronosticados tienen un comportamiento muy parecido por lo que se puede concluir que estadísticamente existe igualdad de medianas y que los datos pronosticados son confiables para este caso.

5.1.4 Presentación de Resultados CONT-98-9005-8126-0-00

La tabla 5.7 muestra los datos históricos de demanda para el cuarto caso y en la figura 5.19 se presenta el análisis de tendencia para las ventas registradas en el periodo junio – diciembre 2020.

Tabla 5.7 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020

Producto CONT-98-9005-8126-00-0					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	1100	11	343	21	298
2	295	12	22	22	1616
3	14	13	13	23	176
4	413	14	4	24	435
5	95	15	100	25	632
6	79	16	28	26	140
7	725	17	754	27	903
8	220	18	661	28	1663
9	125	19	354	29	382
10	645	20	269	30	396

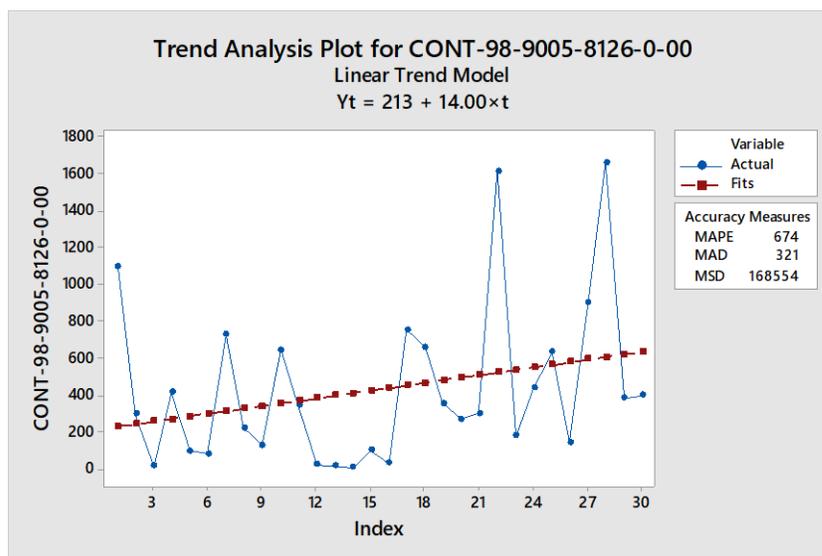


Figura 5.19 Análisis de Tendencia para CONT-98-9005-8126-0-00

Como se estableció en el capítulo 4, para este número de parte podemos observar una tendencia con ciertos periodos de estacionalidad por lo que se utilizará un método Holt-Winters.

Para este modelo, se prueban diferentes combinaciones para el nivel, la tendencia y la estacionalidad. La figura 5.20 muestra un cálculo con un nivel

$\alpha=0.20$ (nivel), $\gamma=0.40$ (tendencia) y $\delta=0.40$ (estacionalidad), la figura 5.21 presenta un cálculo con valores de $\alpha=0.40$ (nivel), $\gamma=0.60$ (tendencia) y $\delta=0.60$ y la figura 5.22 nos muestra un cálculo con valores de $\alpha=0.60$ (nivel), $\gamma=0.80$ (tendencia) y $\delta=0.80$.

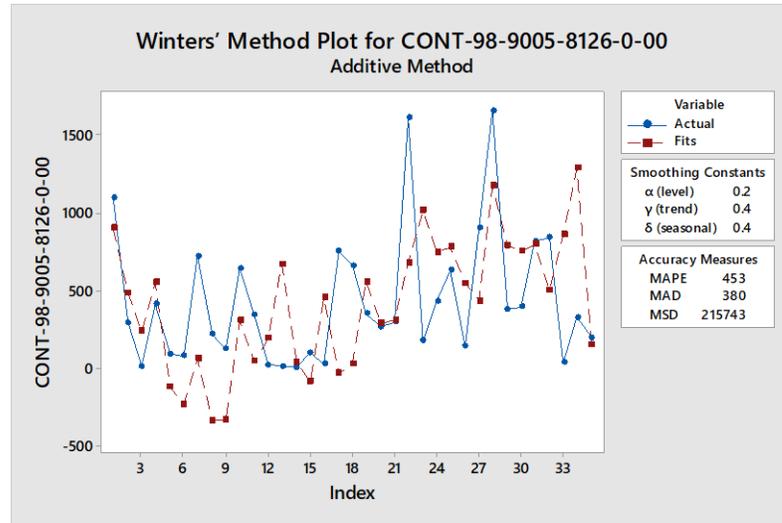


Figura 5.20 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.20$, $\gamma=0.40$ y $\delta=0.40$

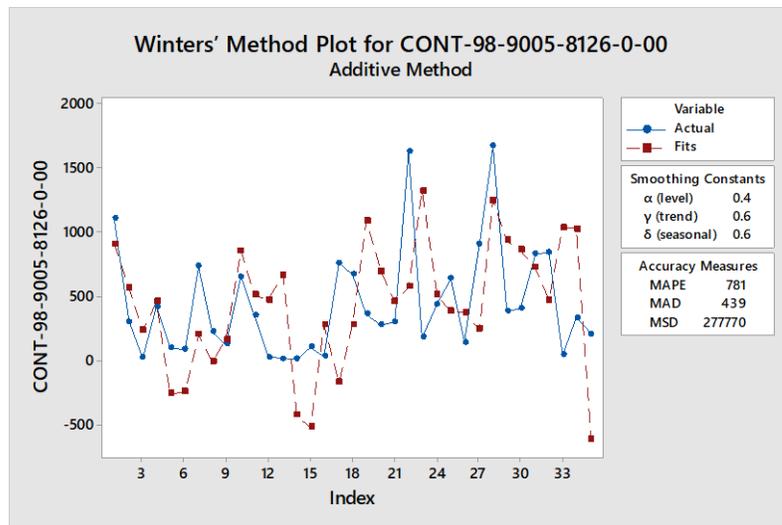


Figura 5.21 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.40$, $\gamma=0.60$ y $\delta=0.60$

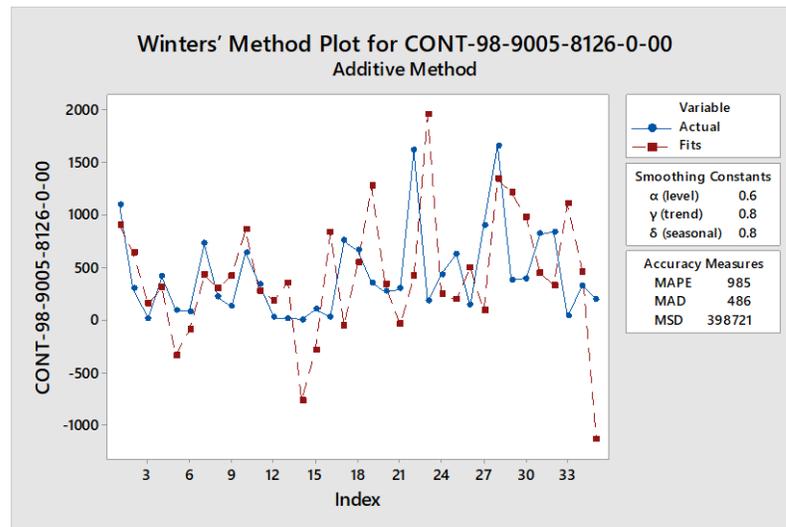


Figura 5.22 Pronóstico Holt-Winters con $\alpha=0.60$, $\gamma=0.80$ y $\delta=0.80$

Al ver el comportamiento de los diferentes pronósticos, podemos observar que el pronóstico de la figura 5.20 es el que tiene un comportamiento más parecido al uso real y un error MAPE de menor valor (MAPE=453) por lo cual, se procede a realizar el estudio con estos valores.

En la tabla 5.8 se muestran los valores obtenidos con esta técnica de pronóstico comparada con la demanda pronosticada.

Tabla 5.8 Demanda Real Comparada con Demanda Ajustada

CONT-98-5000-0054-3-00		
Semana	Real	Pronostico
31	822	795.89
32	841	498.15
33	36	828.44
34	328	1323.98
35	200	266.14

Para continuar el estudio de este caso, se realiza un análisis de normalidad a los datos reales y los datos pronosticados obtenidos dentro de los primeros cinco

periodos posteriores a los periodos de facturación. En la figura 5.23 se pueden observar los resultados del estudio para los datos reales y en la figura 5.24 el resultado de los datos pronosticados.

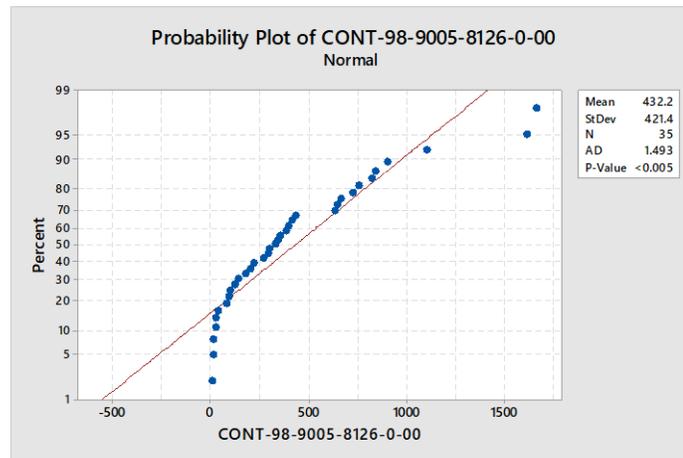


Figura 5.23 Análisis de Normalidad para Datos Históricos

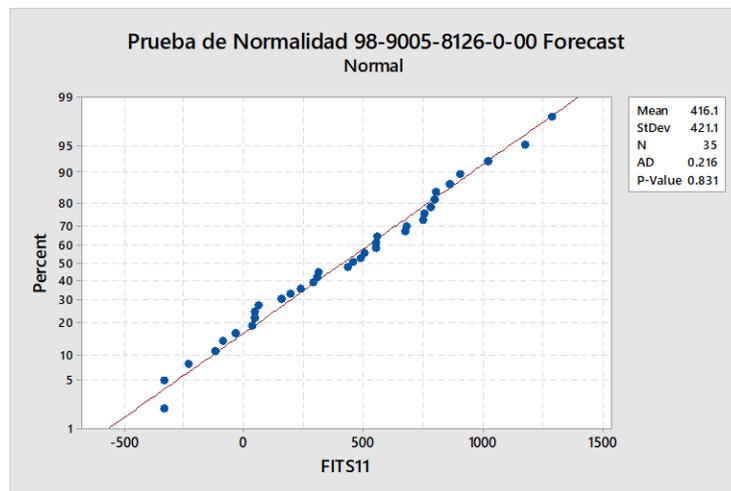


Figura 5.24 Análisis de Normalidad para Datos Pronosticados

Como podemos observar, en la figura 5.21, el valor $p < 0.005$ por lo que los datos se consideran no normales, sin embargo, el valor para los datos

pronosticados es $p = 0.831$, considerando que existe varianza constante a través del tiempo, se hace la comparación de medianas.

Siguiendo con el desarrollo del estudio, se realiza la prueba No-Paramétrica debido a que los datos son no normales. Se busca, al igual que con los casos anteriores, que las medianas sean iguales para determinar si el resultado es confiable.

$$H_0: \tilde{\mu}_{reales} = \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.11)$$

$$H_1: \tilde{\mu}_{reales} \neq \tilde{\mu}_{pronosticadas} \quad (5.12)$$

En la figura 5.25 se observan los resultados obtenidos para el estudio de prueba No-Paramétrica.

Descriptive Statistics			Estimation for Difference		
Sample	N	Median	Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
CONT-98-9005-8126-0-00	35	328.000			
FITS11	35	457.194	-21.0019	(-223.071, 173.929)	95.02%

Test	
Null hypothesis	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$
W-Value	P-Value
1220.00	0.796

Figura 5.25 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-9005-8126-0-00

Los resultados obtenidos en la prueba No-Paramétrica nos muestran un valor $p = 0.796$ por lo que se concluye que los datos tienen una mediana similar por lo tanto el pronóstico es confiable.

Para comprobar el resultado obtenido mediante la estadística No-Paramétrica, se realiza una prueba de Varianzas que se muestra en la figura 5.26.

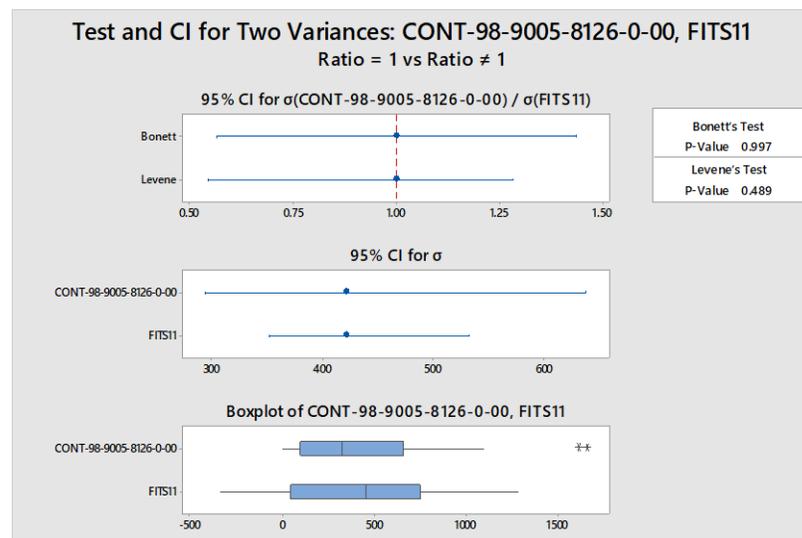


Figura 5.26 Prueba de Varianzas para CONT-98-9005-8126-0-00

Como se puede observar en la figura 5.26, el valor $p = 0.997$ por lo que las varianzas tienen un comportamiento casi idéntico con lo que corroboramos que los datos pronosticados son estadísticamente confiables.

5.1.5 Presentación de Resultados CONT-98-9005-8127-0-00

A continuación, se presentan los datos recopilados para el último caso, la tabla 5.9 muestra los 30 datos recopilados entre los meses de junio y diciembre del 2020.

Tabla 5.9 Resultados de Venta Obtenidos de Junio a Diciembre 2020

Producto CONT-98-9005-8127-0-00					
Periodo	Venta	Periodo	Venta	Periodo	Venta
1	90	11	47	21	1167
2	78	12	2	22	699
3	75	13	25	23	217
4	52	14	25	24	558
5	347	15	515	25	725
6	96	16	130	26	1055
7	175	17	415	27	2429
8	365	18	178	28	1400
9	45	19	32	29	500
10	60	20	678	30	500

Obtenidos los datos históricos, se procede con el análisis de tendencia mostrado en la figura 5.27.

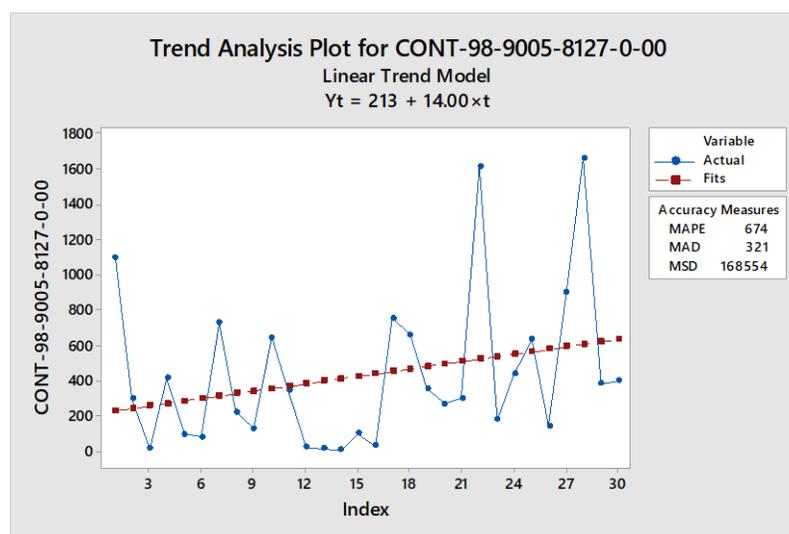


Figura 5.27 Análisis de Tendencia para CONT-98-9005-8127-0-00

Como se mostró en el capítulo 4, debido al comportamiento de los datos en el gráfico, se utilizará un método de Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$. En la figura 5.28 se muestra el resultado del pronóstico obtenido.

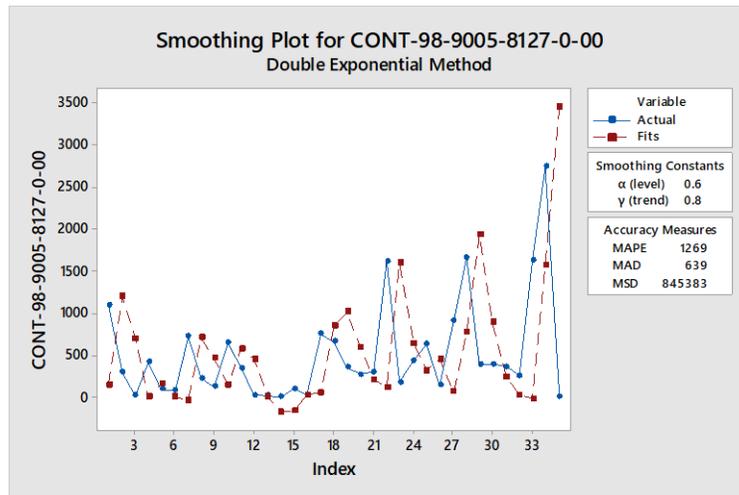


Figura 5.28 Suavización Exponencial Doble con $\alpha=0.60$ y $\gamma=0.80$

En el gráfico podemos apreciar que los datos pronosticados se comportan de manera muy similar a los datos históricos, en la tabla 5.10 se muestran los valores obtenidos para los siguientes cinco periodos de facturación.

Tabla 5.10 Demanda Real Comparada vs Demanda Ajustada

CONT-98-9000-8127-0-00		
Semana	Real	Pronostico
31	363	314.25
32	251	159.04
33	1627	966.69
34	2749	2279.9
35	12	1388.15

Se realiza una prueba de normalidad para los datos pronosticados obtenidos, así como para la demanda real para determinar si los usos son normales. En la figura 5.29 y la figura 5.30 se muestran las pruebas de normalidad para los datos históricos, así como los datos pronosticados.

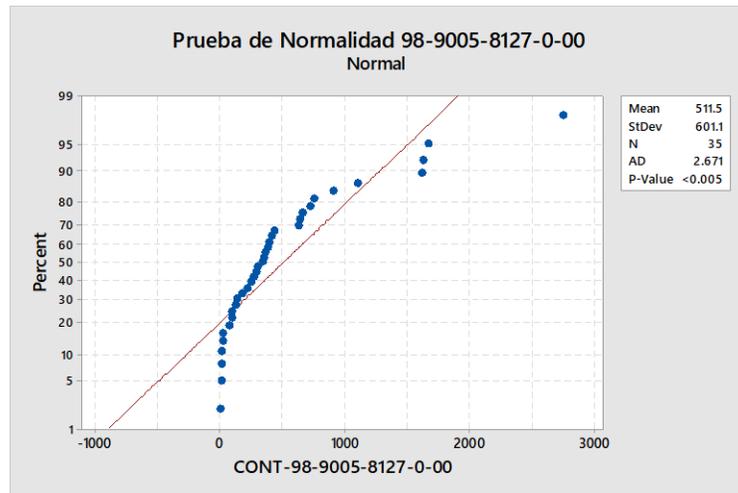


Figura 5.29 Análisis de Normalidad para Datos Históricos

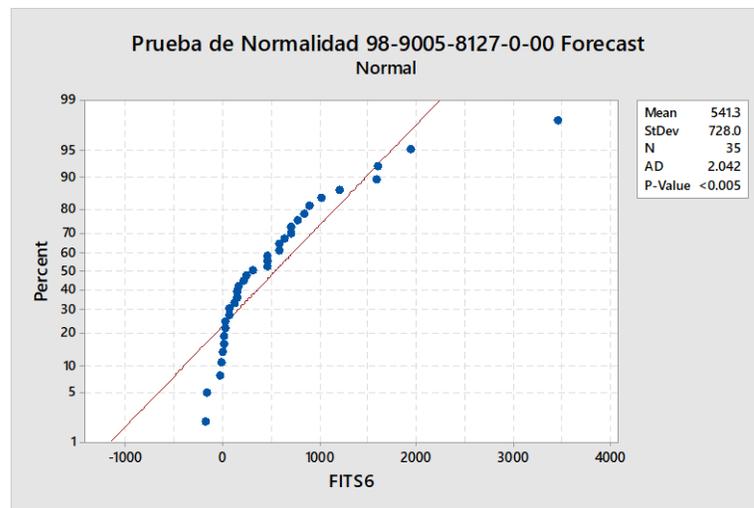


Figura 5.30 Análisis de Normalidad para Datos Pronosticados

Ambos gráficos nos muestran que los datos presentan un comportamiento no normal debido a que el valor $p < 0.005$ por lo que se procederá con una prueba de estadística No-Paramétrica para corroborar que los datos pronosticados sean confiables.

En la figura 5.31 se muestra el resultado del estudio No-Paramétrico.

Descriptive Statistics			Estimation for Difference		
Sample	N	Median	Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
CONT-98-9005-8127-0-00	35	343.000	23.0755	(-185.339, 199.936)	95.02%
FITS6	35	314.371			

Test	
Null hypothesis	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$
W-Value	P-Value
1272.00	0.733

Figura 5.31 Prueba No-Paramétrica para CONT-98-9005-8127-0-00

El estudio No-Paramétrico nos arroja un valor $p = 0.733$ por lo que se puede decir que no existe evidencia de que los datos analizados tengan una diferencia de medianas, de esta forma se concluye que el pronóstico es confiable. Se realizará una prueba de varianzas.

En la figura 5.32 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de varianzas realizada al número de parte en estudio.

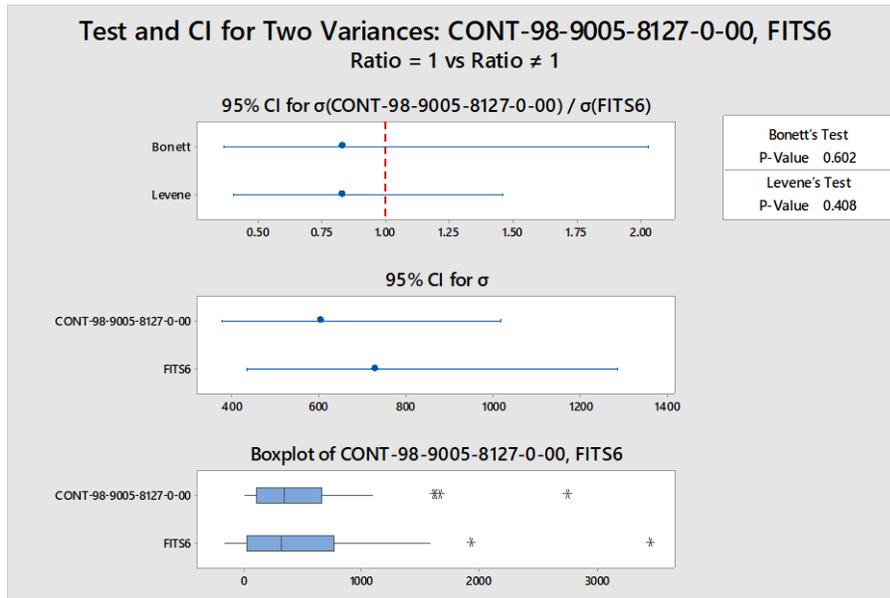


Figura 5.32 Prueba de Varianzas para CONT-98-9005-8127-0-00

La prueba de varianzas arroja un valor $p = 0.602$ por lo que se confirma el análisis de medianas y, por tanto, la hipótesis de que no existe diferencia entre las medianas y varianzas de las poblaciones en estudio, de esta manera se llega a la conclusión de que los pronósticos obtenidos son estadísticamente confiables.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos durante la investigación, así como algunas recomendaciones.

6.1 Conclusiones

La presente investigación fue llevada a cabo en una empresa que brinda soluciones de empaque a diferentes empresas de la localidad la cual presenta un problema de inventarios, existen sobre inventarios que son generados por la incertidumbre de uso que se tiene por parte del cliente, a su vez, también existen cortos de materiales por falta de materiales de empaque que afectan directamente a la línea de producción de los clientes. Uno de los principales problemas fue la recopilación de datos ya que la empresa contaba con un atraso en la facturación de pedidos que afectaba de manera directa a este estudio.

Una vez finalizada la investigación, se puede concluir que para la implementación de métodos de pronósticos se debe de analizar el uso y demanda de cada uno de los números de parte que serán sujetos a análisis de manera detallada, de esta manera se podrá seleccionar un método de pronóstico que tenga un mejor ajuste a la demanda real, en esta investigación se utilizaron dos métodos de pronóstico ya que las demandas resultaron tener comportamientos similares en cuatro de los cinco números de parte que fueron analizados.

Los modelos de pronósticos analizados son estadísticamente confiables para estimar las demandas futuras a corto plazo para los casos de estudio presentados en esta investigación.

Los modelos de pronósticos son aplicables a datos que presentan comportamientos paramétricos y no paramétricos.

6.2 Respuesta a la Pregunta de Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se planteó la siguiente pregunta:

¿Cuál es el modelo de pronóstico más asertivo para establecer demandas futuras que se apeguen a los requerimientos del cliente sin afectar la operación de la empresa?

Con el análisis de los datos históricos recopilados, se pudo comprobar que existen modelos de pronóstico que permiten establecer demandas futuras que se apeguen a los requerimientos de los clientes y estos a su vez, proveen un nivel de confianza de manera estadística para ser utilizado en la planeación de las compras de material y mantener inventarios que permitan satisfacer las demandas de los clientes. Se eligieron cinco números de parte del cliente los cuales representaban las mayores ventas, de estos, cuatro números se ajustaron a un modelo Suavizado Exponencial Doble y uno de ellos por su comportamiento, se ajustó a un modelo Winters.

6.3 Análisis de la Hipótesis de Investigación

La hipótesis que se planteó en esta investigación es que mediante la aplicación de modelos de pronósticos cuantitativos se establecerán demandas asertivas a futuro que satisfagan las necesidades del cliente sin afectar la operación de la empresa.

Se realizó una comparación de la demanda real contra la demanda pronosticada, al realizar esta comparación se determinó que existe una variación mínima aceptada entre los datos recopilados y la demanda obtenida por medio de la herramienta de pronósticos utilizada en los casos según corresponda, esto da la certeza de que los métodos utilizados son confiables para ser utilizados por el departamento de compras para establecer niveles de inventario mínimos y se determinen puntos de reorden con la certeza de que no existirán cortos de materiales por lo que se concluye que la hipótesis planteada es aceptada.

6.4 Verificación del Objetivo General de Investigación

Al desarrollar una investigación de este tipo, es importante que se verifique que los objetivos que se plantean se cumplan, con la finalidad de validar la efectividad de la metodología que se estableció. El objetivo general que se planteó en esta investigación es el siguiente:

Establecer demandas asertivas a futuro con la finalidad de que sea utilizada por el departamento de compras para establecer niveles de inventario mínimos y determine los puntos de reorden.

Como se puede observar en los resultados obtenidos, así como en la comprobación de los datos en la sección 5.1, es posible establecer demandas asertivas a futuro mediante la implementación de modelos de pronósticos que ayuden al departamento de compras de la empresa para satisfacer las demandas de sus clientes que a su vez permita reducir los niveles de inventario sin afectar las operaciones de la empresa y se determinen los puntos de reorden. En particular, durante esta investigación se llevó a cabo el análisis de datos históricos de las demandas de cliente y el desarrollo de modelos de pronósticos Suavizado Exponencial Doble y el Método Winters.

6.5 Recomendaciones

Los modelos de pronósticos analizados y descritos durante el desarrollo de esta investigación aplican exclusivamente respectivamente a los números de parte que fueron sujetos de estudio y que representan los mayores contribuyentes a las ventas de la empresa en la cual se realizó la investigación. Al realizar el análisis para estos números de parte se comprobó que debido al comportamiento de los datos históricos, los modelos existentes tienen diferentes resultados por lo que, si se desea implementar modelos de pronósticos a otros números de parte en el catálogo de la empresa, se tendría que analizar el comportamiento de cada uno de ellos para encontrar el pronóstico que mejor se ajuste a su demanda real y proporcione una mayor confiabilidad en la toma de decisiones de la empresa al momento de realizar la planeación de las compra.

Los modelos de pronósticos siempre están equivocados, sin embargo, para reducir este error, es necesario estar alimentando el pronóstico de manera semanal con la nueva información que se obtenga para realizar los ajustes necesarios en la planeación de las compras y corroborar que los datos sigan siendo fiables.

Se recomienda la utilización de pronósticos de demanda en cualquier tipo de empresa que tenga problemas derivados de una mala planeación por falta de un pronóstico.

BIBLIOGRAFIA

- Abhyankar, H. y Graves, S. (2011). Creating an Inventory Hedge for Markov-Modulated Poisson Demand: An Application and Model. *Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts*. Vol 3.
- Ballou, R. (2004). *Logística Administración de la Cadena de Suministro*. 5 Ed. Pearson Educación México.
- Boiteux y Coromias. (2007). *Estado del Arte sobre Planificación Agregada de la Producción*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- Bowersox, D., Closs, D. y Cooper, M. (2007). Administración y logística en la cadena de suministros. 2da Ed. McGraw-Hill. México D.F. México.
- Brown, R.G. (1956). Exponential Smoothing for Predicting Demand. Arthur D. Little, Ink. 1-14
- Chapman, F. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. Pearson Educación, México.
- Chase R., Jacobs F., y Aquilano N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. 12 Ed. McGraw Hill. México.
- Chopra S. y Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro*. 5 Ed. Pearson Educación, México.
- Diaz Madero, C. "Todo lo que debes saber sobre los costos de mantener inventarios".
(Documento Web). 2021.
<https://www.netlogistik.com/es/blog/costos-de-mantener-inventarios>
27 de agosto de 2021

- Escalante, A. L. (2009, Febrero). Aplicación de los Métodos de Pronóstico en la Planeación de Productos Electrónicos. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Cd. Juárez, Chihuahua, México.
- Estrada, W. O. (2006). *Reorganización en el Área de Venta de Repuestos de una Empresa Dedicada a la Fabricación de Carrocerías de Buses*. San Carlos de Guatemala.
- Esparza-Esparza, Y., Rodríguez-Morachis, M.A., Alvarado-Tarango, L. y Sagarnaga-Razcón, V.O. (2017). Análisis de la Demanda de una Cadena de Supermercados Mediante la Aplicación de Pronósticos. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals CICS Tuxpan 2017. 9(4), 596-601.
- Fliedner, G. Collaborative Supply Chain Forecasting: A Lean Framework. Alliance Journal of Business Research. <http://ajbr.org/>
- Frazier, G. y Gaither, N. (2003). *Administración de Producción y Operaciones*. 8 Ed. International Thomson Editores. México.
- Fuentes-Guerrero, E.A., Rodríguez-Morachis, M.A. y Sandoval-Chávez, D.A. (2020). *Modelo de Pronósticos para la Adquisición y Control de Inventarios PLA y ABS en Impresoras 3D en Diseminación de la Investigación en la Educación Superior*. Moras, R. y Aldape, A. Eds. PDTech, San Antonio TX, USA. 2895-2900
- García-Gómez, L.I.J., Rodríguez-Morachis, M.A. y Zorrilla-Briones, F. (2015). *Diseño de un Sistema de Planeación de la Producción en una Empresa Industrial del Sector Eléctrico en Investigación Interdisciplinaria Tomo 01*. Moras, R. y Aldape, A. Eds. PDHTech, San Antonio, TX. USA. 4.236-4.4.241.
- Gill, A. y Bhatti, I., (2010). *Handbook on Business Information Systems*. Singapore.
- González-Luna, M. y Rodríguez-Morachis, M.A. (2017). Analysis and Selection of a Quantitative Forecasting Model for an Enterprise in the Electronic Sector. International Journal of Advance Research in Science and Engineering. 6(5), 171-180.
- Hanke, J.E. y Wichern, D. (2010). *Pronósticos en los Negocios*. 9 Ed. Pearson Educación, México.

- Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. 7 Ed. Pearson Educación. México, 752.
- Hernández-Pérez, H., Rodríguez-Morachis, M.A., Rodríguez-Medina, M.A. y Tarango-Hernández, L.E. (2020). Pronóstico de Demanda Escolar para Determinar Capacidad Requerida en Colegio de Educación Media Superior. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Puebla. 12(5), 447-452
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6 Ed. Mc Graw Hill Educación. México.
- Hernández, S. (2010). *Planeación de Inventarios de Productos Múltiples con Demanda Probabilística Empleando Técnicas Metaheurísticas*. Tesis de Doctorado, UNAM.
- Hillier, F.S. y Lieberman, G.J. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. 9 Ed. Mc Graw Hill. México.
- Krajewski L., Ritzman L., y Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones*. 8 Ed. Pearson Educación. México.
- Kumar, A. y Suresh, N. (2009). *Operation Management*. Ed. New Age International Pvt Ltd Publishers. ISBN-10: 8122425879.
- Love, S.F (1979). *Inventory Control*. U.S.A. McGraw-Hill.
- Montemayor, J. (2013). *Métodos de Pronósticos para Negocios*. Editorial Digital Tecnológico de Monterrey. México.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. 6ta. Ed. McGraw-Hill. Mexico, D.F. Mexico.
- Nevárez-Carrasco, C.U., Rodríguez-Morachis, M.A., Zorrilla-Briones, F. y Esparza-Marín, A. (2018). Reducción y Control del Costo de Inventario de Suministros de Impresión con el Uso de Modelos de Pronósticos. Memorias del Congreso Internacional de Investigación academia Journals, Chetumal. 10(4), 1691-1697.
- Ravindran, A. (2008). *Operations Research and Management Science Handbook*. USA: Taylor and Francis Group.

- Rodríguez-Coy, M. y Rodríguez-Morachis, M.A.. (2010). Aplicación de Métodos de Pronósticos en Productos con Demandas Inciertas. Memorias del 3er. Congreso Internacional de Investigación CIPITECH, Parral, Chih., México. 628-624.
- Rodríguez-Morachis, M.A., Aldape-Alamillo, A. Zorrilla-Briones, F., Rodríguez-Medina, M.A. y González-Luna, M. (2019). *Analysis and Selection of a Quantitive Forecasting Model for an Enterprise in the Electronic Sector Cofi*, Año II, Número 15, 64-61.
- Sánchez, J. (2009). Aplicación de Métodos de Pronósticos en la Planeación de Productos Electrónicos. *Academia Journals*, 9.
- Serrato-Córdova, J. y Rodríguez-Morachis, M.A. (2014). Análisis y Aplicación de Técnicas de Pronósticos para la Planeación y Control de Inventarios en una Empresa del Ramo Electrónico. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2014. 6(5), 4533-4538.
- Sotelo-Alarcón, R.G., Rodríguez-Morachis, M.A., Zorrilla-Briones, F. y Terrazas-Mata, L.E. (2014). *Método Estocástico para el Pronóstico de Inventarios en la Industria de la Distribución de Químicos: Un Caso de Estudio en Innovación y Mejora Continua*. Moras, R. y Aldape, A. Eds. PDTech. San Antonio, TX. USA. 761-766.
- Stiens, G. (1996). *Pronósticos en la Geografía*. Brunswick, Alemania.
- Suresh, N. y Kumar, A. (2009). *Operations Management. New Age International (P) Ltd., Publishers. New Delhi*.
- Taylor, J. W. (2007). Forecasting Daily Supermarket Sales Using Exponentially Weighted Quantile Regression. European Journal of Operational Research Said Business School, University of Oxford. Reino Unido. 154-167
- Varela, V. (2009). *Administración de Operaciones Métodos de Pronósticos*. UIA MIC. Ecuador Quito.
- Vidal Holguín, C. (2017). *Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios*. Editorial Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Winters, P.R. (1960). Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. Management Science. 6(3), 324-342.