



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**“SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO DE  
DEMANDA DE PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA TRES  
VALLES”**

**SUSTENTADO POR:**

**LISCIEN OLEGARIA ALTAMIRANO LAGOS**

**ENMA EYLEE VALLECILLO TINOCO**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN**

**DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C. A.**

**FEBRERO 2021**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**DESIREE TEJADA CALVO**

**VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS SPS**

**CARLA MARÍA PANTOJA**

**“SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO DE  
DEMANDA DE PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA TRES  
VALLES”**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE MÁSTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**ASESOR METODOLÓGICO  
ABEL EDGARDO SALAZAR MEJÍA**

**ASESOR TEMÁTICO  
LUIS JIMENEZ**

**MIEMBROS DE LA TERNA**

**ALDO CRAZO ZAVALA JOYA**

**JOSE ANTONIO LAZO CANALES**

**JOSE ROBERTO CERROS CRUZ**

# **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2020

LISCIEN OLEGARIA ALTAMIRANO LAGOS

ENMA EYLEE VALLECILLO TINOCO

Todos los derechos son reservados.



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **“SELECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO DE DEMANDA DE PRODUCCIÓN PARA LA EMPRESA TRES VALLES”**

### **NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:**

**LISCIEN OLEGARIA ALTAMIRANO LAGOS**

**ENMA EYLEE VALLECILLO TINOCO**

### **Resumen**

La investigación describe el proceso de selección de una herramienta de pronóstico de la demanda para el rubro de manufactura textil en la principal categoría de exportación. La empresa no contaba con una herramienta que genere un pronóstico interno con mayor precisión, y el proceso actual no cumplía con la meta establecida. Por ende, el objetivo principal es Seleccionar una herramienta de pronóstico de demanda de la producción que brinde un mejor nivel de precisión, medido a través del error MAPE. La hipótesis de investigación será demostrar que la herramienta seleccionada brinde mayor nivel de precisión medida a través del error MAPE que sea menor o igual a 20%. La metodología utilizada es con enfoque mixto con predominancia cualitativa, no experimental con diseño transversal y alcance descriptivo, se detalló los métodos cuantitativos de cálculo de pronóstico adecuado al tipo de demanda. A su vez, se propuso el instrumento para selección del software con base a los criterios funcional, técnico y económico. Finalmente, compara la precisión del pronóstico cuando se realiza con la herramienta seleccionada. Los resultados demostraron que el Software Minitab si tiene un MAPE de 17.8%, lo que hace rechazar la hipótesis nula, por lo que se sugiere adquirir el software Minitab para análisis de pronóstico de demanda de la producción cuya base estadística mejore la precisión.

Palabras claves: Cadena de Suministro, Pronóstico, Planificación de la demanda, Métodos de Pronóstico, Software de Pronóstico.



**FACULTY OF POSTGRADUATE**  
**" FORECASTING TOOL SELECTION FOR THE PRODUCTION**  
**DEMAND IN TRES VALLES COMPANY"**

**PRESENTED BY:**  
**LISCIEN OLEGARIA ALTAMIRANO LAGOS**  
**ENMA EYLEE VALLECILLO TINOCO**

**Abstract**

The research describes the process of selecting a demand forecasting tool for the textile manufacturing sector in the main export category. The company did not have a tool that generates an internal forecast with greater precision, and the current process did not meet the established goal. Therefore, the main objective is to select a production demand forecasting tool that provides a better level of precision, measured through the MAPE error. The research hypothesis will be to demonstrate that the selected tool provides a higher level of precision measured through the MAPE error that is less than or equal to 20%. The methodology used is a mixed approach with a qualitative predominance, non-experimental with a cross-sectional design and descriptive scope, the quantitative methods for calculating the forecast appropriate to the type of demand were detailed. In turn, the instrument for software selection based on functional, technical and economic criteria was proposed. Finally, the research compares the accuracy of the forecast when performed with the selected tool. The results showed that the Minitab Software does have a MAPE of 17.8%, which makes the null hypothesis rejected, so it is suggested to acquire the Minitab software for production demand forecast analysis whose statistical base improves precision.

Keywords: Supply Chain, Forecasting, Demand Planning, Forecasting Methods, Forecasting Software.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado primeramente a Dios, quien merece la gloria y la honra.

A la Santísima Trinidad, por su fidelidad y amor a lo largo de la vida, por sostenerme en las pruebas y darme la sabiduría, gracia y fortaleza para salir adelante en este reto profesional. A la Santísima Virgen María y San José por interceder por mí a lo largo de este caminar, especialmente este trabajo se lo dedico a la advocación de nuestra Madre la Virgen del Pilar y al Beato Carlo Acutis, ya que este proyecto de tesis comenzó el día de su festividad y cuya intercesión fue especial a lo largo de su desarrollo.

A mis Padres, por el apoyo con la oración y por inspirarme con su ejemplo a entregar todo con amor para honra de Dios, formando buenos cristianos y honrados ciudadanos. A mis hermanos y familia, por su apoyo y motivación para culminar la meta establecida. A mis educadores, líderes y compañeros de trabajo por inspirarme a buscar soluciones a nuestros retos diarios y así cumplir con el lema de que siempre hay una mejor forma de hacer las cosas.

LISCIEEN OLEGARIA ALTAMIRANO LAGOS

A Dios, por ser mi sustento en todo momento, por dame las fuerzas la sabiduría y la inteligencia para poder culminar con éxito el presente trabajo, por fortalecerme en los momentos difíciles, sabiendo que sin El nada podría ser.

A mi esposo David Nuñez, por la paciencia en todo este tiempo, porque estuvo siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento.

A mi hija Valerie Nuñez, por su paciencia y sabiduría por que fue siempre de apoyo en cada situación animándome a no desfallecer. A mis padres por sus oraciones y su gran amor incondicional.

ENMA EYLEE VALLECILLO TINOCO

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica Centroamericana por brindarnos la oportunidad de formar parte de su programa de postgrado y poder realizar nuestros estudios satisfactoriamente.

A cada catedrático que nos impartió clases con dedicación y esmero nos impartieron, transmitieron sus conocimientos y compartieron sus experiencias a lo largo de la maestría.

A nuestros asesores, Ing. Abel Salazar Mejía e Ing. Luis Jiménez, por su asesoría, paciencia, experiencia y tiempo dedicado en busca de presentar nuestro documento de tesis excelente.

A la compañía por ser parte de nuestro proyecto de investigación, brindándonos el apoyo y la información necesaria para el desarrollo de nuestra tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 LA EMPRESA.....	2
1.2.2 ESTUDIOS PREVIOS .....	6
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	8
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	14
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO.....	21
2.1.1.1. ASIA.....	21
2.1.1.2. EUROPA .....	24
2.1.1.3 NORTEAMÉRICA.....	27
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO .....	29
2.1.2.1 LATINOAMÉRICA.....	29
2.1.3 ANÁLISIS LOCAL (HONDURAS) .....	30
2.1.4 ANÁLISIS INTERNO .....	31
2.1.4.1 LA EMPRESA TRES VALLES.....	31
2.1.4.2 SITUACIÓN ACTUAL DENTRO DE LA EMPRESA.....	33
2.1.4.3 CADENA DE SUMINISTRO.....	36
2.1.4.4 ETAPAS DE ANÁLISIS DE PRONÓSTICO .....	38

2.1.4.6. EL PRONÓSTICO Y SU RELACIÓN CON EL PRESUPUESTO .....	43
2.1.4.7. EFECTOS SECUNDARIOS DE UN MAL PRONÓSTICO.....	45
2.2 TEORÍA DE SUSTENTO .....	46
2.2.1. CADENA DE SUMINISTROS.....	46
2.2.1.1. ETAPAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO .....	47
2.2.1.2 OBJETIVO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	48
2.2.1.3. PRINCIPIOS PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS.....	48
2.2.1.4 PROCESOS PRIMARIOS DE GESTIÓN DEL MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTROS..	50
2.2.1.5. PRIORIDADES COMPETITIVAS .....	52
2.2.2 LA DEMANDA.....	53
2.2.2.1 TIPO Y PATRÓN DE DEMANDA.....	54
2.2.2.2. TIPOS DE DEMANDA .....	55
2.2.2.3 PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA .....	60
2.2.2.4 ÁREA QUE SE AFECTAN DIRECTAMENTE LA PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA.....	62
2.2.3 PRONÓSTICO .....	64
2.2.3.1 COMPONENTES DE UN PRONÓSTICO DE DEMANDA.....	64
2.2.3.2 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA .....	65
2.2.3.3. NATURALEZA DE LOS SISTEMAS DE PRONÓSTICO .....	66
2.2.3.4 PASOS PARA REALIZAR UN PRONÓSTICO.....	69
2.2.3.5. EL SISTEMA DE PRONÓSTICOS Y LA CLASIFICACIÓN ABC.....	72
2.2.3.6. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS Y PATRONES DE DEMANDA.....	73
2.2.3.7 TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS .....	73
2.2.3.8 SELECCIONAR MÉTODO DE PRONÓSTICO .....	74
2.2.3.9 MÉTODOS CUALITATIVOS.....	75
2.2.3.10. MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA REALIZAR PRONÓSTICOS. ....	78
2.2.3.11 CUALIDADES DE UN PRONÓSTICO .....	89
2.2.3.12. INDICADORES DE EFICIENCIA EN MODELOS DE PRONÓSTICOS. ....	91
2.2.3.13 PRECISIÓN.....	93
2.2.4. EL SOFTWARE COMO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN .....	93
2.2.4.1 TECNOLOGÍA Y PRONÓSTICO.....	93
2.2.4.2 COMPARACIÓN DE SOFTWARE DE PRONÓSTICO .....	96

2.2.4.3	ESQUEMA DE EXCEL STATS PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS .....	98
2.2.4.4	ESQUEMA DE MINITAB PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS .....	102
2.2.4.5	ESQUEMA DE FORECAST PRO PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS .....	104
2.3.	CONCEPTUALIZACIÓN .....	107
2.3.1	DEMANDA REAL.....	107
2.3.1.1	TIPO DE DEMANDA EN LA EMPRESA.....	108
2.3.1.2	EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN, R <sup>2</sup> .....	110
2.3.1.3	DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....	111
2.3.2	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: SOFTWARE .....	112
2.3.2.1	SOFTWARE EN PRONÓSTICOS .....	113
2.3.2.2	PRINCIPALES APLICACIONES PARA REALIZAR PRONÓSTICOS. ....	113
2.3.2.3	LA VALIDACIÓN DE LAS MEDIDAS .....	116
2.3.2.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE.....	120
2.3.2.5	SELECCIÓN DEL SOFTWARE A DESARROLLAR .....	122
2.3.3	ERRORES EN PRONÓSTICO.....	124
2.3.3.1	CAUSAS DE IMPRECISIÓN EN LOS MODELOS DE PRONÓSTICOS .....	126
2.4	INSTRUMENTOS .....	128
2.4.1	MATRIZ DE DECISIÓN .....	129
2.4.2	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	130
2.4.3	PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS.....	131
2.4.3.1	COMITÉ DE EXPERTOS .....	131
2.4.4	CRITERIOS DE LA MATRIZ DE DECISIÓN .....	132
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....		134
3.1	CONGRUENCIA METODOLÓGICA .....	134
3.1.1	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES .....	136
3.1.2	HIPÓTESIS.....	141
3.2	ENFOQUE Y MÉTODOS.....	142
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	144
3.3.1	POBLACIÓN.....	146

3.3.2	MUESTRA .....	146
3.3.3	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	147
3.3.4	UNIDAD DE RESPUESTA.....	148
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS .....	148
3.4.1	INSTRUMENTOS .....	148
3.4.2	TÉCNICA .....	149
3.5	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	150
3.5.1	FUENTES PRIMARIAS .....	150
3.5.2	FUENTES SECUNDARIAS .....	151
3.6	LIMITANTES DEL ESTUDIO .....	151
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		152
4.1	COMPARACIÓN ENTRE UNIDAD DE ANÁLISIS Y LA ENCUESTA .....	152
4.2	PRIMERA VARIABLE: LA DEMANDA REAL .....	160
4.2.1	CONSIDERACIONES ESPECIALES .....	161
4.2.2	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MODELO DE PRONÓSTICO .....	162
4.2.3	CLASIFICACIÓN ABC.....	163
4.2.4	SELECCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS.....	164
4.2.5	TRATO DE LOS DATOS ATÍPICOS .....	166
4.2.6	TIPO DE DEMANDA .....	168
4.2.7	ELEMENTOS DE TIEMPO .....	170
4.2.8	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1:.....	172
4.3	SEGUNDA VARIABLE: INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EL SOFTWARE.....	174
4.3.1	PRUEBAS PILOTO EN EL SOFTWARE .....	175
4.3.1.1	PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA DEMANDA CLASE "A" XLSTAT .....	176
4.3.1.2	PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA DEMANDA CLASE "A", MINITAB .....	186
4.3.1.3	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA CLASE A, FORECAST PRO .....	193
4.3.1.4	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO "727980" XLSTAT .....	194
4.3.1.5	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 727980, MINITAB.....	200
4.3.1.6	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 727980, FORECAST PRO.....	202

4.3.1.7	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 718839, XLSTATS .....	203
4.3.1.8	PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 718839, MINITAB.....	207
4.3.1.9	FORECAST PRO-ESTILO 718839.....	213
4.3.2	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2.....	214
4.3.3	SEGUNDA VARIABLE: INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EL SOFTWARE .....	215
4.3.3.1	MATRIZ DE DECISIÓN.....	215
4.3.4	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3:.....	231
4.3.5	RESUMEN DE PONDERACIÓN POR CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL SOFTWARE .....	231
4.3.6	VALORACIÓN DEL COSTO DEL SOFTWARE .....	232
4.4	TERCERA VARIABLE: ERRORES DE PRONÓSTICO .....	232
4.4.1	ERRORES DE PRONÓSTICO .....	233
4.4.1.1	ANÁLISIS DEL TOTAL DE LA CATEGORÍA .....	234
4.4.1.2	ANÁLISIS ESTILO 727982 .....	236
4.4.1.3	ANÁLISIS ESTILO 727980 .....	238
4.4.1.4	ANÁLISIS ESTILO AQ3210 .....	240
4.4.1.5	ANÁLISIS ESTILO AR5307.....	242
4.4.1.6	ANÁLISIS ESTILO 718833 .....	245
4.4.1.7	ANÁLISIS ESTILO 718839 .....	247
4.4.1.8	ANÁLISIS ESTILO 718837 .....	250
4.4.2	RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4:.....	252
4.4.3	S&OP.....	252
4.4.4	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	254
4.5	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	255
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		258
5.1	CONCLUSIONES .....	258
5.2	RECOMENDACIONES.....	259
BIBLIOGRAFÍA .....		262
ANEXOS .....		272

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda real vs pronóstico 2018.....	4
Tabla 2 Procesos de embellecimientos en SAC.....	33
Tabla 3 Frecuencia de recepción de pronóstico.....	39
Tabla 4. Técnicas de pronóstico y el patrón de demanda observado.....	60
Tabla 5. Elementos principales del pronóstico de la demanda.....	65
Tabla 6. Características del manejo de ítems clase A, B y C.....	72
Tabla 7. Softwares utilizados.....	123
Tabla 8. Resumen de las medidas utilizadas para el cálculo del error.....	126
Tabla 9. Matriz de Pugh.....	130
Tabla 10. Criterios a evaluar del software.....	133
Tabla 11. Congruencia metodológica.....	135
Tabla 12. Tipos de variable, preguntas y técnicas.....	139
Tabla 13. Continuación Tabla 12.....	140
Tabla 14. Estrategia para la investigación.....	145
Tabla 15. Población.....	146
Tabla 16. Muestra.....	147
Tabla 17. Tabla de expertos.....	153
Tabla 18. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 1.....	154
Tabla 19. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 2.....	155
Tabla 20. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 3.....	156
Tabla 21. Matriz de decisión modificada.....	159
Tabla 22. Máster de producción y pronóstico.....	161
Tabla 23. Programas Clase A.....	163
Tabla 24. Resumen de la Matriz ABC años 2018 al 2019.....	164
Tabla 25. Pareto de los estilos Clase A del 2018 al 2019.....	165
Tabla 26. Estilos Pareto y su demanda en volumen de unidades por mes 2018 - 2019.....	167
Tabla 27. Estilos Pareto con criterio de continuidad y % de volumen por año.....	168
Tabla 28. Estilos de producto Clase A, que serán objeto de estudio.....	169
Tabla 29. Medidas de error de pronóstico MAD, ECM y MAPE.....	174

Tabla 30. Pronóstico promedio móvil L2, Software XIStat 2020.5.1.....	176
Tabla 31. Pronóstico promedio móvil L4, Software XIStat 2020.5.1.....	177
Tabla 32. Pronóstico promedio móvil L7, Software XIStat 2020.5.1.....	178
Tabla 33. Pronóstico exponencial simple, Software XIStat 2020.5.1.....	179
Tabla 34. Pronóstico Winter A optimizado, Software XIStat 2020.5.1.....	180
Tabla 35. Pronóstico Winter A = 0.2, Software XIStat 2020.5.1.....	181
Tabla 36. Pronóstico Winter A = 0.5, Software XIStat 2020.5.1.....	182
Tabla 37. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo XIStat 2020.5.1.....	183
Tabla 38. Pronóstico estacional multiplicativo A=Opt Q4, XIStat 2020.5.1.....	184
Tabla 39. Pronóstico estacional aditivo A=Opti, Q=optimo, XIStat 2020.5.1.....	185
Tabla 40. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0.....	187
Tabla 41. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0.....	188
Tabla 42. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0.....	189
Tabla 43. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	190
Tabla 44. Pronóstico winters multiplicativo I=4 a=0.2, Minitab 20.1.0.....	191
Tabla 45. Pronóstico winters aditivo L=8 a=0.5, Minitab 20.1.0.....	192
Tabla 46. Pronóstico automático, Forecast Pro TRAC v6.1.....	193
Tabla 47. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1.....	194
Tabla 48. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1.....	195
Tabla 49. Pronóstico suavización exponencial simple, XIStat 2020.5.1.....	196
Tabla 50. Pronóstico estacional multiplicativo a=02,Q4, XIStat 2020.5.1.....	197
Tabla 51. Pronóstico estacional multiplicativo a=Opti,Q4, XIStat 2020.5.1.....	198
Tabla 52. Winter estacional aditivo L=3 A=0.5, XIStat 2020.5.1.....	199
Tabla 53. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	201
Tabla 54. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1.....	202
Tabla 55. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1.....	203
Tabla 56. Pronóstico promedio móvil L=7 PRED (Spencer), XIStat 2020.5.1.....	204
Tabla 57. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1.....	205
Tabla 58. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo, XIStat 2020.5.1.....	206
Tabla 59. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0.....	208
Tabla 60. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0.....	209

Tabla 61. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0.....	210
Tabla 62. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0 .....	211
Tabla 63. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0 .....	212
Tabla 64. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1.....	213
Tabla 65. Métodos Cuantitativos de elaboración de Pronósticos .....	214
Tabla 66. Resumen Comparativo Minitab, XStat y Forecast Pro.....	229
Tabla 67. Continuación Tabla. 66.....	230
Tabla 68. Resumen respuestas del software .....	231
Tabla 69. Costos de adquisición de licencia .....	232
Tabla 70. Principales estilos detallados por programa y volumen de unidades por año .....	233
Tabla 71. Técnicas de pronóstico y el patrón de demanda observado.....	234
Tabla 72. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Demanda Clase “A”, Minitab 20.1.0 .....	235
Tabla 73. Comparativo Total de Categoría A, Minitab vs Pronóstico Actual.....	236
Tabla 74. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 727982, Minitab 20.1.0.....	237
Tabla 75. Comparativo Estilo 727982, Minitab vs Pronóstico Actual .....	238
Tabla 76. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 727980, Minitab 20.1.0.....	239
Tabla 77. Comparativo Estilo 727980, Minitab vs Pronóstico Actual .....	240
Tabla 78. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo AQ3210, Minitab 20.1.0 .....	241
Tabla 79. Comparativo Estilo AQ3210 Minitab vs Pronóstico Actual .....	242
Tabla 80. Pronóstico modelos multiplicativo estacional, Estilo AR5307 Minitab 20.1.0.....	243
Tabla 81. Comparativo Estilo AR53070 Minitab vs Pronóstico Actual.....	244
Tabla 82. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 718833, Minitab 20.1.0.....	245
Tabla 83. Comparativo Estilo 718833 Minitab vs Pronóstico Actual .....	246
Tabla 84. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Estilo 718839 Minitab 20.1.0 .....	247
Tabla 85. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Estilo 718839, Minitab 20.1.0 .....	248
Tabla 86. Comparativo Estilo 718839 Minitab vs Pronóstico Actual .....	249
Tabla 87. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Estilo 718839 Minitab 20.1.0 .....	250
Tabla 88. Comparativo Estilo 718837 Minitab vs Pronóstico Actual .....	251
Tabla 89. Diagrama Gant para implementación del software Minitab.....	255
Tabla 90. Comprobación de la hipótesis.....	256
Tabla 91. Resultados análisis de precisión .....	257

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de la demanda real y el pronóstico 2018 .....	5
Figura 2. Error de Pronóstico MAPE 2018.....	5
Figura 3. Variabilidad del pronóstico vs el histórico para el 2018-2019 .....	9
Figura 4. Principal exportación de cada país .....	15
Figura 5. Componentes de un proceso de S&OP tradicional.....	18
Figura 6. Componentes de un proceso de S&OP moderno .....	19
Figura 7. Europa: Experiencia del cliente vs Valor para la empresa .....	25
Figura 8. Norteamérica: Experiencia del cliente vs Valor para la empresa.....	28
Figura 9. Ventas Regionales de Nike Tercer Trimestre del año 2017 .....	32
Figura 10. Distribución porcentual de volumen en piezas por cliente.....	34
Figura 11. Principales categorías por volumen de exportación .....	35
Figura 12. Etapas de la cadena de suministro dentro de La Empresa.....	36
Figura 13. Aspectos importantes de las etapas de la cadena de suministro .....	38
Figura 14. Diagrama macro del proceso de análisis de pronóstico.....	41
Figura 15. Variación del pronóstico en 10 ciclos .....	43
Figura 16. Diferentes pronósticos para todas las categorías .....	44
Figura 17. Errores de producción.....	45
Figura 18. Fases de una cadena de suministros .....	48
Figura 19. Siete principios de la cadena de suministros .....	49
Figura 20. Procesos de gestión del modelo de la cadena de suministros.....	51
Figura 21. Prioridades competitivas .....	52
Figura 22. Indicadores clave de rendimiento .....	53
Figura 23. Tipos de demanda.....	55
Figura 24. Demandas según su comportamiento .....	56
Figura 25. Demanda perpetua o estacionaria.....	57
Figura 26. Demanda con tendencia creciente .....	58
Figura 27. Demanda con tendencia decreciente .....	58
Figura 28. Demanda creciente y luego uniforme o perpetua .....	59

Figura 29. Combinación de demanda uniforme con estacional o periódica .....	59
Figura 30. Administración y previsión de la demanda .....	61
Figura 31. Factores para considerar en la demanda .....	62
Figura 32. Departamentos afectados directamente por la planeación.....	64
Figura 33. Componentes del pronóstico de la demanda .....	65
Figura 34. Métodos para realizar un pronóstico de demanda .....	67
Figura 35. Ambiente común de un sistema de pronóstico .....	69
Figura 36. Pasos para la elaboración de un pronóstico .....	69
Figura 37. Procedimiento jerárquico de elaboración de un pronóstico .....	70
Figura 38. Explicación del procedimiento jerárquico de elaboración de un pronóstico.....	71
Figura 39. Bondades de un buen pronóstico .....	90
Figura 40. Atributo de la bondad tipo: II .....	91
Figura 41. Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos .....	92
Figura 42. Características de los softwares de pronóstico .....	95
Figura 43. Paso 1 Excel Stats.....	99
Figura 44. Paso 2 Excel Stats.....	99
Figura 45. Paso 3 Excel Stats.....	100
Figura 46. Paso 4 Excel Stats.....	101
Figura 47. Resultados de Excel Stats .....	101
Figura 48. Paso 1 Minitab .....	102
Figura 49. Paso 2 Minitab .....	103
Figura 50. Paso 3 Minitab .....	103
Figura 51. Paso 4 Minitab .....	104
Figura 52. Paso 1 Forecast Pro .....	105
Figura 53. Paso 2 Forecast Pro .....	105
Figura 54. Paso 3 Forecast Pro .....	106
Figura 55. Paso 4 Forecast Pro .....	106
Figura 56. Variables independientes y su relación con la variable dependiente .....	107
Figura 57. Elementos de tiempo .....	108
Figura 58. Demandas estacionales de La Empresa.....	109
Figura 59. Categoría de softwares .....	113

Figura 60. Cuota de mercado de diferentes Software de pronóstico .....	114
Figura 61. Cuota de mercado de la hoja de cálculo y software de pronósticos .....	115
Figura 62. Cuota de mercado de los sistemas de pronósticos.....	115
Figura 63. Mejor productividad: el alcance del software .....	117
Figura 64. Alcance de las métricas del software.....	117
Figura 65. Características globales del software.....	118
Figura 66. Métricas a utilizar para matriz de decisión.....	119
Figura 67. Conceptos básicos para selección de software .....	120
Figura 68. Componentes de la matriz de decisión para investigación .....	137
Figura 69. Variables de estudio y sus dimensiones .....	137
Figura 70. Relación de una variable independiente y sus dimensiones con la dependiente .....	138
Figura 71. Enfoque y Método de Investigación.....	142
Figura 72. Volumen Histórico con el porcentaje de exportación desde el 2018-2020.....	160
Figura 73. Prueba de Normalidad Anderson -Darling para los 492 datos del 2018.....	170
Figura 74. Normalidad Anderson -Darling. Generado en Minitab v 20.1.0.....	171
Figura 75. Pronóstico promedio móvil L2, Software XIStat 2020.5.1 .....	177
Figura 76. Pronóstico promedio móvil L4, Software XIStat 2020.5.1 .....	178
Figura 77. Pronóstico promedio móvil L7, Software XIStat 2020.5.1 .....	179
Figura 78. Pronóstico exponencial simple, Software XIStat 2020.5.1 .....	180
Figura 79. Pronóstico Winter A optimizado, Software XIStat 2020.5.1 .....	181
Figura 80. Pronóstico Winter A = 0.2, Software XIStat 2020.5.1 .....	182
Figura 81. Pronóstico Winter A = 0.5, Software XIStat 2020.5.1 .....	183
Figura 82. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo XIStat 2020.5.1 .....	184
Figura 83. Pronóstico estacional multiplicativo A=Opt Q4, XIStat 2020.5.1 .....	185
Figura 84. Pronóstico estacional aditivo A=Opti, Q=optimo, XIStat 2020.5.1 .....	186
Figura 85. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0 .....	187
Figura 86. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0 .....	188
Figura 87. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0 .....	189
Figura 88. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	190
Figura 89. Pronóstico winters multiplicativo I=4 a=0.2, Minitab 20.1.0 .....	191
Figura 90. Pronóstico winters aditivo L=8 a=0.5, Minitab 20.1.0.....	192

Figura 91. Pronóstico automático, Forecast Pro-TRAC v6.1 .....	193
Figura 92. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1 .....	195
Figura 93. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1 .....	196
Figura 94. Pronóstico suavización exponencial simple, XIStat 2020.5.1 .....	197
Figura 95. Pronóstico estacional multiplicativo a=02,Q4, XIStat 2020.5.1 .....	198
Figura 96. estacional multiplicativo a=Opti,Q4, XIStat 2020.5.1 .....	199
Figura 97. Winter estacional aditivo L=3 A=0.5, XIStat 2020.5.1 .....	200
Figura 98. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	201
Figura 99. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1 .....	202
Figura 100. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1 .....	204
Figura 101. Pronóstico promedio móvil L=7 PRED (Spencer), XIStat 2020.5.1.....	205
Figura 102. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1 .....	206
Figura 103. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo, XIStat 2020.5.1 .....	207
Figura 104. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0 .....	208
Figura 105. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0 .....	209
Figura 106. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0 .....	210
Figura 107. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0.....	211
Figura 108. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0.....	212
Figura 109. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1 .....	213
Figura 110. participación de las herramientas de software en los métodos evaluados.....	215
Figura 111. Matriz de decisión Ítem 1 atributo: Seguridad e integridad .....	216
Figura 112. Matriz de decisión ítem 2 atributo: Seguridad e integridad .....	217
Figura 113. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 3 atributo: Confiabilidad.....	217
Figura 114. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 4 atributo: Confiabilidad.....	218
Figura 115. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 5 atributo: Confiabilidad.....	219
Figura 116. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 6 atributo: Usabilidad.....	220
Figura 117. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 7 atributo: Usabilidad.....	220
Figura 118. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 8 atributo: Usabilidad.....	221
Figura 119. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 9 atributo: Usabilidad.....	222
Figura 120. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 10 atributo: Usabilidad.....	222
Figura 121. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 11 atributo: Usabilidad.....	223

Figura 122. Matriz de decisión ítem 12 atributo: Trayectoria del proveedor .....	224
Figura 123. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 13 atributo: Soporte Técnico.....	224
Figura 124. Matriz de decisión ítem 14 atributo: Soporte Técnico .....	225
Figura 125. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 15 atributo: Adaptabilidad .....	225
Figura 126. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 16 atributo: Adaptabilidad .....	226
Figura 127. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 17 atributo: Financiero .....	226
Figura 128. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 18 atributo: Financiero .....	227
Figura 129. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 19 atributo: Financiero .....	228
Figura 130. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0 .....	235
Figura 131. Pronóstico Método Winters, modelo multiplicativo, Minitab 20.1.0.....	237
Figura 132. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	239
Figura 133. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo AQ3210, Minitab.....	241
Figura 135. Modelo aditivo estacional y suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0.....	244
Figura 135. Pronóstico modelo aditivo estacional solamente, Minitab 20.1.0.....	246
Figura 136. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0 .....	248
Figura 137. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0 .....	249
Figura 139. Suavización exponencial simple y Modelo aditivo estacional, Minitab 20.1.0 .....	251
Figura 139. Modelo S&OP elaborado .....	253

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se describe el planteamiento de la investigación. El planteamiento y sus elementos son muy importantes porque proveen las directrices y los componentes fundamentales de la investigación; además, resultan claves para entender los resultados. Es decir, esta sección tiene el propósito de brindar un panorama claro del tema a desarrollar. Dentro del mismo encontraremos una breve introducción, antecedentes del problema, definición del problema, enunciado del problema, formulación del problema, preguntas de investigación, objetivos del proyecto y justificación. Estos aspectos delimitarán el marco de la investigación. (Hernández-Sampieri et al., 2010)

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

El pronóstico de la demanda consiste en predecir lo que va a suceder en el futuro, asociándolo a un bien o un servicio, ayudando a preparar ventas esperadas. Hoy en día, casi todos los tipos de empresas cuentan con un método de pronóstico con el único fin de predecir sus futuras actividades. La Empresa Tres Valles, en adelante nombrada como La Empresa, fue fundada en 2016. No cuenta con un sistema de modelación de pronóstico, sin embargo, tiene como aliados estratégicos a importantes clientes dentro del rubro de la manufactura que cuentan con ciertos sistemas de pronóstico de demanda.

En el desarrollo de esta tesis, se analiza la situación actual de la compañía en relación con el sistema de pronóstico. La información disponible y análisis de los datos darán paso posteriormente a la etapa de evaluación del proceso actual. Esto llevará a la selección del método de pronóstico de la demanda que se adapte a sus necesidades, por medio de la matriz de decisión a ser evaluada por un panel de expertos.

El estudio se llevará a cabo en La Empresa, una empresa de manufactura textil que ofrece sus productos a clientes altamente posicionados en su respectivo segmento de mercado. Posicionamiento que genera una ascendencia en el volumen de producción y requiere un alto nivel de servicio y flexibilidad para adaptarse a las demandas de su mercado. El estudio para seleccionar el modelo adecuado para el pronóstico se llevará a cabo en el último trimestre del año 2020.

El análisis se basará en seleccionar una herramienta de pronóstico de demanda, para la principal categoría de exportación, analizando los diferentes métodos cuantitativos. Se llevará a cabo seleccionando un software que facilite el cálculo como instrumento de medición, con el fin de validar a través de una prueba piloto que la herramienta de pronóstico diseñada genere un mejor nivel de precisión comparado con el pronóstico actual. Logrando así, contribuir con La Empresa en aumentar el nivel de asertividad en la toma de decisiones de forma oportuna. Así mejorando sus tiempos de respuesta, cumplir con las exigencias a nivel de sus clientes en relación con el servicio, minimizar los costos al disminuir abastecimiento excesivo e incrementar el nivel de competitividad de dicha empresa.

## 1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

### 1.2.1 LA EMPRESA

La Empresa objeto de estudio que por temas de confidencialidad no se mencionará su nombre y a partir de aquí se denominará La Empresa, es una empresa de capital norteamericano. Surgió en el 2016 como resultado de la adquisición de cinco plantas de manufactura textil en la región de Centroamérica, algunas de ellas con más de 50 años de experiencia en el rubro.

Actualmente cuenta con clientes de alto renombre como ser Nike, Under Armour y Fanatics. Cada fábrica tiene capacidades diversas para atender las necesidades de los clientes y cuenta con procesos de corte, costura y embellecimiento en mayor o menor escala dependiente la distribución y especialización del tipo de producto.

La responsabilidad de proporcionar el pronóstico de la demanda es compleja, debido a la naturaleza interrelacionada de la serie de datos, la presencia de posibles valores extremos debido a la estacionalidad, el nivel y los cambios de tendencia, y los impactos de mercado y entorno económico general. Con el fin de planificar y gestionar la cadena de suministro más eficientemente, las empresas suelen establecer un área responsable del pronóstico de la demanda.

La mayoría de las grandes empresas calculan sus primeros pronósticos con base en las series de tiempo y posteriormente ingresa a un consenso estratégico con el plan de ventas y operaciones de la compañía. El enfoque más común para el pronóstico de la demanda, en el apoyo para la planificación de la cadena de suministro, implica el uso de tecnologías que incorporen un sencillo método de pronóstico. A su vez pueden ser ajustados por los planificadores de demanda de la empresa, teniendo en cuenta circunstancias excepcionales del mercado y estrategias de ventas de la empresa.

Sin embargo, no todas las compañías están dispuestas a adoptar una solución tecnológica debido al desconocimiento del costo-beneficio de utilizar un software o herramienta, y se desconoce la variedad que existe en el mercado.

Actualmente La Empresa recibe el pronóstico de demanda directamente de los clientes y esta demanda se podría decir es de tipo independiente lo cual significa que es generada por entes externos a la empresa (ver sección 2.2.2) y no cuenta con una herramienta establecida para medir la precisión del pronóstico con base a métodos cuantitativos, por lo que no se mide los errores del

pronóstico de forma estructurada y con base metodológica.

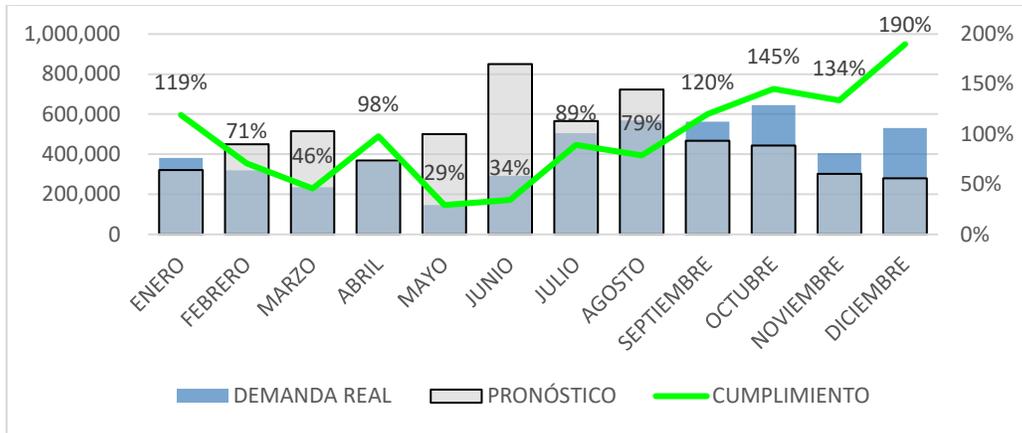
La demanda real de la empresa en el 2018 fue de 4,957,835 prendas terminadas y el pronóstico de 5,788,195 prendas terminadas, esto en cuánto a la cantidad de unidades (piezas). La diferencia entre el pronóstico y la demanda real en unidades fue de 830,360 unidades. En la Tabla 1 se muestra el comportamiento de la demanda de manera mensual. Se puede observar la variación en cada uno de los meses, donde se logra estar en la meta del porcentaje de MAPE (desviación absoluta porcentual por sus siglas en inglés) en los meses de enero, abril, julio y agosto. El MAPE expresa la exactitud como un porcentaje del error, el cual se definirá en detalle en la sección 2.3.3, El resto de los meses la brecha es bastante grande siendo el mes con brecha más alta en el mes de mayo. Ver el cuadro siguiente:

**Tabla 1. Demanda real vs pronóstico 2018**

MES	DEMANDA REAL	PRONÓSTICO	CUMPLIMIENTO	MAPE 2018	META MAPE
ENERO	382,250	320,531	119%	16%	20%
FEBRERO	319,537	450,584	71%	41%	20%
MARZO	236,008	514,452	46%	118%	20%
ABRIL	361,978	369,227	98%	2%	20%
MAYO	146,926	501,370	29%	241%	20%
JUNIO	292,504	849,447	34%	190%	20%
JULIO	505,629	566,263	89%	12%	20%
AGOSTO	569,704	722,383	79%	27%	20%
SEPTIEMBRE	562,260	468,111	120%	17%	20%
OCTUBRE	645,522	444,069	145%	31%	20%
NOVIEMBRE	404,688	302,216	134%	25%	20%
DICIEMBRE	530,829	279,542	190%	47%	20%

Fuente: Elaboración propia

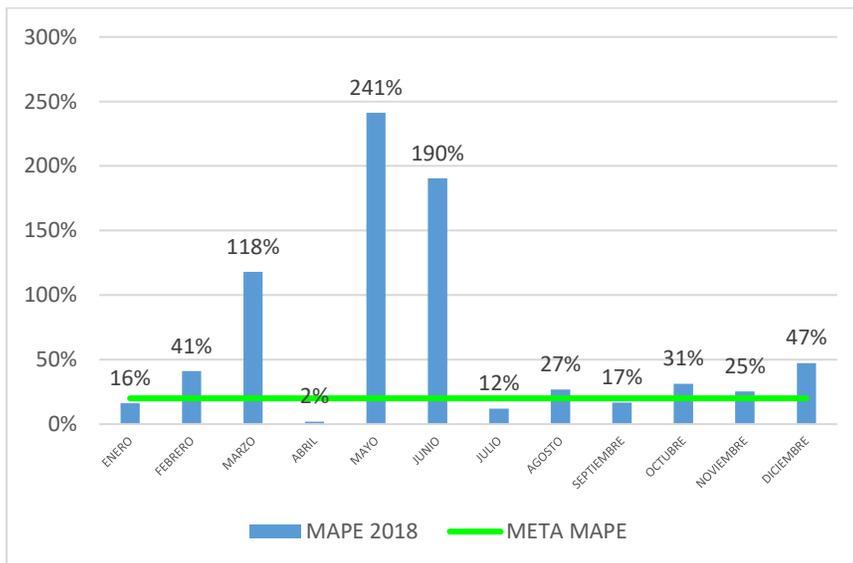
En la siguiente figura se muestra de manera gráfica el comportamiento en cuanto a la demanda pronosticada, la demanda real y el porcentaje de cumpliendo en cada uno de los meses del año 2018.



**Figura 1. Comportamiento de la demanda real y el pronóstico 2018**

Fuente: Elaboración propia

El error promedio MAPE para el 2018 fue de un promedio del 64%, el cual se compara con la meta establecida por la empresa que es un 20%. Podemos observar el comportamiento que tuvo mes a mes como la relación entre la meta, en la siguiente gráfica:



**Figura 2. Error de Pronóstico MAPE 2018**

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.2 ESTUDIOS PREVIOS

No se encontró en el CRAI una tesis relacionada al tema en mención. Sin embargo, se podría mencionar como un primer trabajo a (Pinedo, 2018) quien realizó la: “Propuesta de un modelo de pronósticos de demanda y gestión de inventarios para la planeación de demanda en prendas de vestir juvenil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)”. En este trabajo se propone implementar un modelo de pronósticos de demanda, para determinar la cantidad de inventario necesario para cada temporada que atenderá la empresa. Al poder identificar la demanda futura, es posible proyectar los picos y valles, lo cual permite una mejor gestión de recursos humanos y materiales. Este estudio se relaciona con la investigación en curso ya que dentro de su estructura de trabajo aborda paso a paso la elección de Modelo de Pronóstico evaluando las diferentes categorías lo cual nos sienta una base semejante con relación al producto que es prendas de vestir.

Adicionalmente existe un segundo trabajo de investigación con mayor antigüedad que pertenece a (Céspedes, 2017) titulado: “Construcción de modelo de forecast para estimación de demanda en una empresa multinacional de ventas por departamento”. En el cual el trabajo desarrollado tiene como objetivo encontrar un modelo para mejorar el forecast de una multinacional, creando una herramienta para poder predecir la demanda de productos. Para lo anterior, se utilizó la herramienta Azure ML junto con el lenguaje de programación R, con los que se usaron las funciones de red neuronal artificial para la predicción. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, según las pruebas realizadas en base a métricas de evaluación tradicionales, proporciona un referente sobre temas enfocados desde una perspectiva de Análisis de Datos sobre la modelación de pronóstico en una empresa con una cadena de suministros similar a la que esta

investigación está evaluando.

Adicionalmente se investigó localmente con la Asociación Hondureña de Maquiladora (AHM) para ver si existe alguna otra literatura relacionada pero debido al impacto de la Pandemia no hubo literatura existente. Adicional se buscó en la base de datos del CRAI y no se encontraron investigaciones sobre el tema. También se buscó en la base de datos digital de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras sin resultados satisfactorios, sin embargo, al evaluar estudios previos relacionados al diseño de herramientas para pronóstico se encontraron en Latinoamérica tres trabajos de investigación detallados a continuación.

Tesis No. 1 “Diseño y elaboración de una herramienta de pronóstico para producto de consumo masivo de la empresa XYZ”. En ella utilizan el modelo de Microsoft Excel y el tiempo de proyección más común para sus pronósticos es un rango de un mes hasta máximo un año, siendo tres meses el más común. Siendo consecuentes con esto, se basaron métodos que ofrecen un buen desempeño al corto y mediano plazo y se escogieron la suavización exponencial y promedio móvil simple, ofreciendo otras ventajas como su poca complejidad, excelentes resultados y practicidad para programar en un lenguaje de programación.

Tesis No. 2 “Diseño de una herramienta de pronóstico de demanda para MIPYME del sector cuero, calzado y marroquinería de Cali”. El modelo utilizado es el Shiny. Este dispone de una gran variedad de opciones para introducir los valores de entrada o inputs de una forma amigable. Estas opciones están prediseñadas mediante sencillas instrucciones o widgets que pueden incorporarse a nuestra aplicación (barras deslizables, menús seleccionables, etc.) Las aplicaciones tienen fácil accesibilidad ya que pueden abrirse en cualquier navegador desde un ordenador, tableta o teléfono móvil.

Tesis No. 3 “Diseño de una herramienta de pronóstico para una línea de envasados de una

planta que elabora productos de consumo masivo”. La herramienta de pronóstico desarrollada en el presente trabajo fue construida en el programa Microsoft Excel, en la cual se lograron integrar los diferentes elementos necesarios para el cálculo de los pronósticos. Se selecciona la hoja de cálculo de Microsoft Excel para facilitar el manejo de la información y a su vez poder integrar los diferentes modelos de pronósticos seleccionados porque pueden ser formulados de manera práctica y sencilla.

### 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según Tamayo (2017), La definición del problema es el punto de partida de la investigación, nos ayuda a definir cuáles son los aspectos que se pretende cubrir con el proyecto de investigación. Esta sección incluye: el enunciado del problema, formulación del problema, y las preguntas de investigación.

#### 1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

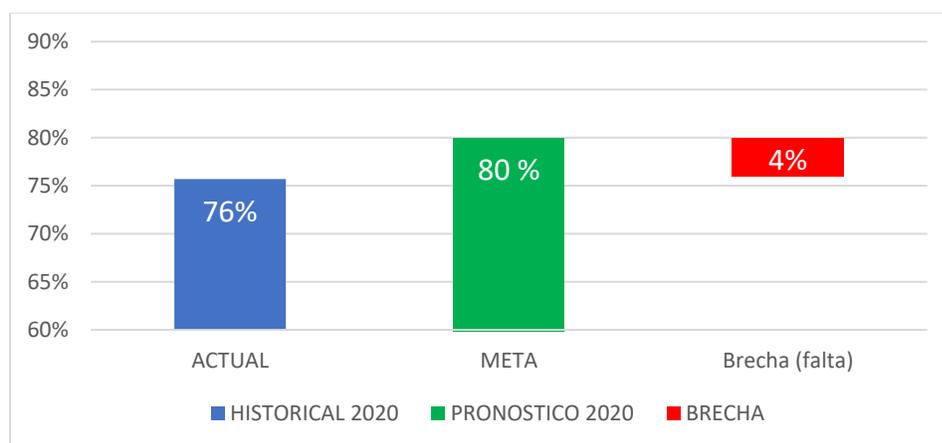
Debido al rápido crecimiento e integración de nuevos clientes, y con el fin de cumplir el nivel de exigencia del mercado en cuanto a calidad, flexibilidad y servicio, nace la necesidad de contar con una herramienta de pronóstico que dé una previsión de la demanda de forma más precisa. Siendo el fin generar visibilidad oportuna a los equipos de adquisición de materiales y de manufactura que permitan la gestión adecuada de las actividades de la cadena de suministro. Se refleja en el cumplimiento de las fechas de exportación requeridas por los clientes y manejo adecuado de los niveles de inventario, beneficiando así a todos los eslabones de la cadena de

suministro, desde proveedores hasta las áreas de logística para embarque del producto final.

El pronóstico de la demanda en La Empresa es actualmente utilizado tal y como se descarga de los sistemas de los clientes y existe muchas veces una desconexión de dicha proyección contra el plan presupuestado y los datos históricos.

El modelo de pronóstico actual utilizado en la compañía tiene una alta variación respecto a la demanda real. Según datos de la empresa, obtenidos del análisis del máster de producción del 2018 al 2019, dicha variación es en promedio para el año 2019 de un (-24%) debajo del plan en la principal categoría de exportación; la precisión del pronóstico aceptable debería de ser de un 80%, acorde a los parámetros establecidos por el liderazgo de la compañía.

La brecha del proceso actual versus el esperado es de un 4% abajo lo cual impacta la proyección financiera y retrasa la toma de decisiones necesarias para establecer la capacidad de producción de las plantas y cumplir con el nivel de servicio requerido por los clientes. Teniendo en cuenta esta problemática, el cálculo del error de pronóstico debería hacerse de forma regular y en una herramienta establecida, sin embargo, La Empresa no cuenta con una herramienta actualmente.



**Figura 3. Variabilidad del pronóstico vs el histórico para el 2018-2019**

Fuente: Elaboración propia basado en el pronóstico 2018-2019 y el histórico de demanda real obtenidos del máster de producción del departamento Regional de Planificación

### 1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa no cuenta con una herramienta estadística de pronóstico que proporcione a los planificadores información de la proyección de la demanda de forma precisa. Por lo tanto, se quiere establecer el método de pronóstico basado en el análisis de datos históricos de demanda que genere el mayor nivel de precisión, lo cual nos lleva a plantear la siguiente pregunta:

¿Qué herramienta de pronóstico de demanda de la producción brinda un mejor nivel de precisión, medido a través del error MAPE, comparado con el sistema actual?

### 1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez definida la formulación del problema y con el fin de delimitar el alcance de la investigación, se plantean las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa?
2. ¿Cuáles son los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción en las herramientas seleccionadas que nos ayuden a valorar los aspectos funcionales de cada una con base a su nivel de precisión?
3. ¿Qué herramientas de pronóstico se adaptan a los criterios de selección propuestos?
4. ¿Cuál sería el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para medición de la precisión del pronóstico de demanda?

## 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos de esta investigación tienen como propósito señalar a lo que se aspira, indicando la meta que se espera alcanzar y están compuesto por un objetivo general que se busca cumplir a través de la ejecución de los tres objetivos específicos.

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Una vez elaborado el planteamiento del problema, se estableció el siguiente objetivo general:

Seleccionar una herramienta de pronóstico de demanda de la producción que brinde un mejor nivel de precisión, medido a través del error MAPE, comparado con el sistema actual.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa.
2. Conocer los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción en las herramientas seleccionadas para valorar los aspectos funcionales de cada una con base a su nivel de precisión.
3. Evaluar las herramientas de pronóstico que se adapten a los criterios de selección propuestos.

4. Crear el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para medición de la precisión del pronóstico de demanda.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

El propósito de un pronóstico es reducir el riesgo de incertidumbre dentro del cual debe hacerse las estimaciones necesarias. Dicha previsión de la demanda deber ser técnicamente correcta y producir datos precisos que sean suficientes para satisfacer las necesidades de la empresa, en tema de competitividad logrando cubrir las expectativas del cliente interno como externo.

El procedimiento de pronóstico y sus resultados deben presentarse de forma eficaz a la dirección, a fin de que los mismos se utilicen en el proceso de la toma de decisiones en beneficio de la empresa, que deben justificarse en base a costo beneficio. (Hanke & Wichern, 2006).

Dado que La Empresa objeto de estudio posee dentro de su oferta de productos diferentes estrategias, la presente investigación se enfocará en la principal categoría de exportación. Esta categoría apuesta por grandes volúmenes, pero normalmente están amarrados a bajos márgenes de utilidad. Por lo tanto, cualquier mejora que ayude a reducir los costos operativos generados por un mal pronóstico como ser: costos de almacenaje de materia prima que no se requiere o producto terminado que no se vendió, puede conllevar a un aumento en el margen de contribución de esta categoría de productos sin tener que modificar su precio de venta.

Parte de los objetivos de La Empresa es fortalecer su planificación de la demanda para poder responder a las necesidades del mercado actual, ya que previo al Covid-19 el nivel de servicio en La Empresa objeto de estudio estaba en un promedio de cumplimiento de entregas a tiempo en un 83%. Post-pandemia el cumplimiento es de un 49%, afectando así la rentabilidad de

la compañía por entregas tardías y costos de envíos aéreos como penalización.

El cumplimiento del pronóstico de la demanda comparado contra la demanda real tiene una variación negativa alrededor de un 14% para la demanda pronosticada en el año 2018, que podría significar un impacto anual de alrededor de casi \$6,000,000.00. Este dato se calculó con base los datos históricos del master de producción del 2018 al 2019, utilizando la diferencia del total de piezas (prendas terminadas) versus las pronosticadas para ese período y tomando como costo promedio \$7.25 la prenda valor obtenido de la misma base de datos. El ciclo de actualización de pronóstico toma alrededor de un mes ya que todo es realizado manualmente perdiendo la ventana de tiempo efectiva para la toma de decisiones que le permiten afrontar con éxito los cambios de demanda debido a la estacionalidad de las temporadas.

Se espera con el trabajo de investigación obtener la tendencia del comportamiento de la precisión del pronóstico actual, analizar algunas de las opciones tecnológicas disponibles en el mercado que faciliten el análisis y construir una herramienta que reduzca las desviaciones del pronóstico y el impacto de estas; alineado así con los objetivos de La Empresa mejorar su competitividad.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Este capítulo será un "compendio escrito de documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio." (Hernández-Sampieri, 2012). Se presenta la reseña bibliográfica del trabajo de investigación a desarrollar. Citando las principales fuentes de información como las teorías que sustentan las variables la metodología y el resultado de la investigación.

### 2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En estos últimos años la administración de la cadena de suministro se ha convertido en todo un reto. Las compañías están invirtiendo considerables recursos y tiempo en mejorar la calidad de los procesos de planificación de la cadena de suministro y previsión de la demanda.

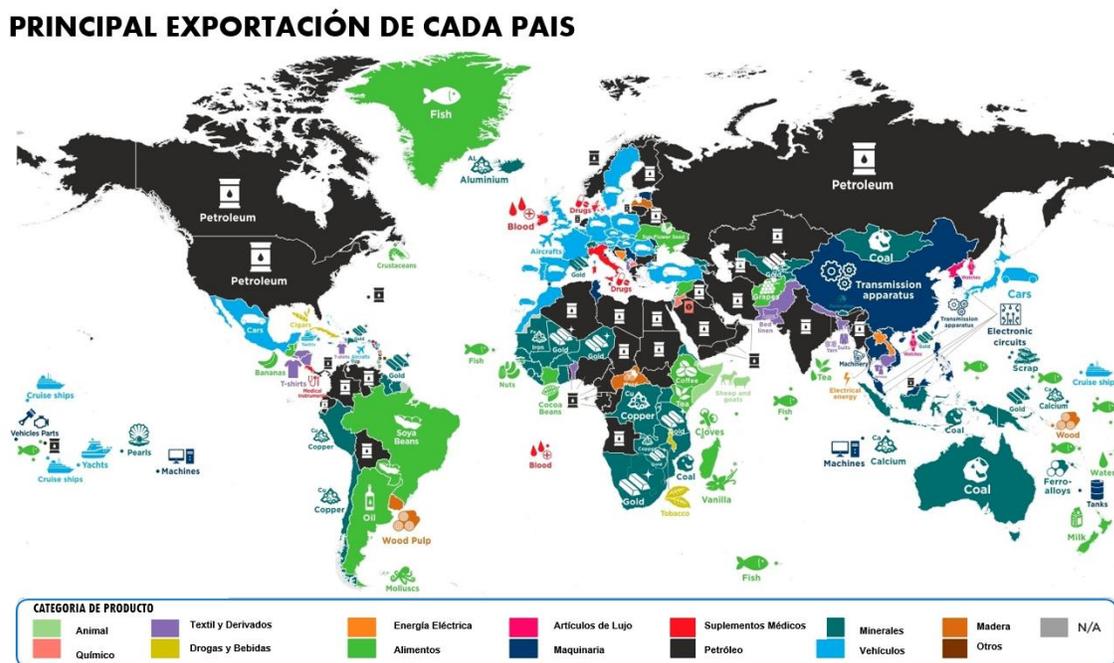
(Estaún, 2020) explica que el concepto de cadena de gestión de suministro (SCM) tradicional ha quedado obsoleto. Las empresas ahora hacen negocios con países cuyas características tanto demográficas como políticas son muy distintas. La SCM 2.0 brinda la flexibilidad necesaria para que las empresas puedan adaptarse a esas variables cambiantes de país a país.

En otras palabras, “la Cadena de Suministro 2.0 proporciona velocidad y agilidad fusionando procesos ya probados en el pasado y las mejores innovaciones tecnológicas de la actualidad.” (Estaún, 2020)

La Fig. 4 muestra el mapa de las principales categorías de exportación por cada país. Este podría ser modificado en el futuro cercano, ya que como menciona la revista The Economist, se estima que, durante los próximos cinco años, entre el 16% y el 26% de la producción de bienes

exportados podría cambiar de ubicación. (Neufeld, 2020)

(Neufeld 2020) menciona, “el COVID-19 y una serie de otros factores están cambiando la forma en que opera el mundo”. Las conmociones inesperadas, guerras comerciales, la huella de carbono y los estándares laborales están influyendo en las empresas para construir cadenas de suministro más resilientes.



**Figura 4. Principal exportación de cada país**

Fuente: (Neufeld, 2020)

Cuando la pandemia del COVID-19 disminuya, habrá cambios globales en las empresas. (Shih, 2020) Esta crisis trajo a luz las debilidades y vulnerabilidades en las cadenas de producción de las empresas a nivel mundial. Será vista como un despertar y llamado a cambio para mejorar en ellas.

(Panetta, 2020) Con un nivel sin precedentes de cambio empresarial como resultado de una pandemia global, las organizaciones de la cadena de suministro experimentan aumentos y disminuciones agudas y a menudo impredecibles en la demanda, inaccesibilidad a las materias primas y dificultad para transportar productos desde los puntos calientes del coronavirus.

Los directores de cadena de suministro y los líderes de la cadena de suministro pueden aprender de la estrategia y el liderazgo de las principales cadenas de suministro globales y modelar su comportamiento para centrarse en la construcción de cadenas de suministro más sólidas para el futuro.

Al buscar las tendencias en el manejo de la cadena de suministros se encuentran las tres preocupaciones principales que los líderes en la cadena de suministros deben ser conscientes. Mencionados en un artículo de la revista digital Gartner (Hippold, 2020):

a) Un ecosistema comercial global cambiante

Desde antes de la pandemia originada por el COVID-19, los líderes empresariales ya tenían planes de volver a desarrollar sus cadenas de suministro. Este primer cambio se tuvo en mente debido a cambios en regulaciones y aranceles. Tras la gran escala que llegó a tener la pandemia, los directores afrontaron un nuevo cambio al cual debieron adaptarse. “a la luz de la pandemia, el 21% de los líderes de la cadena de suministro creen que su cadena de suministro es muy resistente, y el 55% espera alcanzar ese estado en dos o tres años.” (Hippold, 2020)

b) Impulsores digitales de la eficiencia de la cadena de suministro

Un estudio realizado en Gartner demostró que el 39% de las empresas manufactureras hicieron una inversión digital que sobrepasaba su presupuesto original. Esto ocurrió tras el inicio de la pandemia. Se deberán contemplar nuevas inversiones y aumento de presupuesto en áreas de tecnología y digitalización

c) Cambios estructurales en la fuerza laboral

A raíz del COVID-19, muchas empresas pararon contrataciones y algunas se vieron en la necesidad de hacer recortes de personal. Estos cambios organizacionales no solo son inducidos por fenómenos como las pandemias, de hecho, desde antes de la crisis sanitaria, “el 40% de los CEOs... ya estaban cambiando sustancial o completamente sus estructuras organizacionales.” (Hippold, 2020)

Estos cambios, se dan por la modernización y entrada de nuevas tecnologías. Por esto, se deben destacar los talentos dentro de la empresa e impulsar el desarrollo de las habilidades de los empleados.

Basado en los puntos anteriores, podemos ver nuevas tendencias de como luce un proceso moderno de S&OP en compañías de clase mundial. La planificación de ventas y operaciones (S&OP) por sus siglas en inglés (Sales and Operations Planning) es un proceso comercial mensual en el cual se unen todas las áreas funcionales de la empresa y coordina y unifica la toma de decisiones. “Integra producto, demanda, oferta, operaciones y planificación financiera en un plan de estratégico para empresas.” (Wilson, 2020)

Globalmente, el S&OP se puede ejecutar en distinta cantidad de pasos según la empresa que lo realiza. El proceso tradicional contiene los cinco pasos que vemos en la siguiente figura.

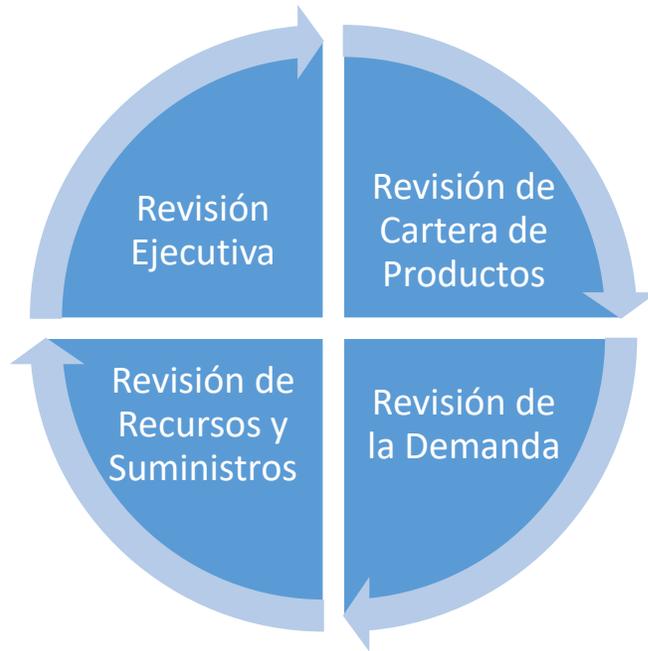
Se aprecia que una planificación de ventas y operaciones tradicional involucra procesos como la recopilación de datos, planificación de la demanda, planificación de los suministros, una preplanificación y una planificación ejecutiva. Algunos de estos pasos son similares al S&OP moderno que, por cuestiones de relevancia, será explicado más adelante en esta misma sección.



**Figura 5. Componentes de un proceso de S&OP tradicional**

Fuente: (Wilson, 2020)

Las empresas utilizan variaciones de este mismo formato. Hoy en día, los pasos ausentes en el S&OP actual son la recopilación de datos y el pre-S&OP. No son formalmente definidos y estructurados como tal ya que son considerados opcionales. En la Fig. 6 se resumen los principales componentes del S&OP moderno, cuyos principales procesos involucran cuatro revisiones. Entre ellas la revisión de cartera de productos, de la demanda, de recursos y suministros y la revisión ejecutiva. A continuación se explicará cada una de ellas según (Wilson, 2020).



**Figura 6. Componentes de un proceso de S&OP moderno**

Fuente: (Wilson, 2020)

a) Revisión de cartera de productos

En este paso, se revisan los productos con los que cuenta actualmente la empresa y toman en cuenta productos futuros. Se discute sobre la integración de nuevos productos, movimiento de inventario rezagado y temas a fin. (Wilson, 2020)

Si se comparan la gráfica tradicional y la gráfica moderna del S&OP, es visible que el proceso tradicional no incluía este paso, pero es de alta importancia para las empresas en un día como hoy.

b) Revisión de la demanda

Para la revisión de la demanda, se hace uso de herramientas de pronóstico. Toda estrategia y decisión se rigen a base de ellas, es un paso considerado como tradicional.

Para su realización se hace uso de variables externas e internas y de demandas dependientes e independientes. “Los factores que influyen en la demanda independiente y dependiente pueden

incluir marketing, introducción de nuevos productos, jerarquía de productos y tendencias de consumo y otras variables externas.” (Wilson, 2020)

c) Revisión de suministros o recursos

Este paso se encuentra en ambos S&OP, tanto en el tradicional como en el actual. Este paso funciona para definir las limitaciones que tiene la empresa para satisfacer la demanda. Es una revisión de cuánto tienen para ofertar y poder dar una respuesta a los clientes. Así mismo, ayuda a ver dónde está parada la empresa en relación con las demandas consensuadas. “Es en este paso que se revisan en profundidad los riesgos y las oportunidades y se desarrollan y comprenden los escenarios.” (Wilson, 2020)

d) Revisión ejecutiva

El último paso unifica a la empresa como un equipo. Los líderes aportan en el S&OP reuniendo planes, resolviendo brechas críticas y dando como resultado una estrategia ejecutada en conjunto.

Los pasos ausentes del S&OP moderno, pasos si presentes en el tradicional:

a) Recopilación de datos

A inicios de los 90, la recopilación era un paso formal y menos automatizado. Ahora son más dinámicos y se obtienen con mayor rapidez.

b) Estrategia

Como indica (Wilson 2020) en su artículo, “la estrategia impulsa la discusión en Revisión de producto, Revisión de demanda y Revisión de oferta, y nos permite determinar las compensaciones para cada decisión.”

c) Pre-S & OP

Este paso puede ser utilizado como una conciliación financiera o para identificar brechas

entre la oferta y la demanda.

#### 2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

En las siguientes secciones se analizará la situación del pronóstico en la industria en diferentes regiones del mundo. Se podrá notar la diferencia en las tecnologías adoptadas entre el continente asiático, europeo y americano.

##### 2.1.1.1. ASIA

Asia Pacífico es un centro principal de producción por su gran extensión y aun mayor población. Población que hoy en día tiene un alto porcentaje de crecimiento. Para lograr sostener esta creciente demanda, la región debe incorporar tecnología inteligente para mantener el nivel de productividad deseado. (Mordor Intelligence, s. f.)

Los softwares para pronóstico de demanda más utilizados en la región son IBM, Microsoft, Oracle, SAS, Cambridge Analytica, Cavis Analytics, RapidMiner y SAP SE. De los anteriormente mencionados, IBM es de las compañías más grandes y “ofrece conocimientos basados en datos que ayudan a las organizaciones a trabajar de forma más inteligente y a superar a sus pares.” (IBM Analytics, 2018)

Similar a los otros, el fin de los pronósticos de IBM es visualizar tendencias y comparar escenarios para brindar un alto rendimiento dentro de la empresa.

Con respecto a la cadena de suministros en el continente asiático, se puede decir que “el tráfico portuario de contenedores ha aumentado mucho, situándose a la cabeza China, seguida de Singapur, Hong Kong y Japón.” (Organización Mundial del Comercio & IDE-JETRO, 2011) En las secciones a continuación, se entrará en detalle sobre tres cadenas de suministros de tres países

asiático.

#### 2.1.1.1.1 CHINA

Los pronósticos para las ventas son desafiantes en el país para las empresas y proveedores. “Una razón principal de esto es que los enfoques convencionales para la previsión de ventas a menudo no logran capturar la dinámica del mercado subyacente.” (Brzoska, 2020).

(Heaton, Panamoreva & Zhang, 2019) muestran que los modelos de pronóstico utilizados en economías del oeste también pueden ser aplicadas para la macroeconomía de China. Los autores concluyen lo siguiente, “No encontramos evidencia de que ninguno de los modelos de pronóstico que consideramos proporcione errores de pronóstico de media cuadrática más pequeños que el pronóstico medio simple.”

(Hua 2013) explica que las empresas en China últimamente han estado analizando sus cadenas de suministros. “A través de la integración de diferentes procesos comerciales, como adquisición, fabricación, distribución y servicio, la gestión de la cadena de suministro permite a las empresas responder a las necesidades de los clientes rápidamente y minimizar el inventario y los costos operativos generales al mismo tiempo.”

China utiliza bastante la modelo logística de terceros, TPL, por sus siglas en inglés (Third Party Logistics) o 3PL. Los servicios de TPL más utilizados son en transbordo, almacenamiento, empaquetado y distribución. De igual manera, se ha notado una aparición de logísticas más elaboradas como lo son los modelos de 4PL. En donde una sola empresa externa se encarga de la logística de principio a fin.

#### 2.1.1.1.2 JAPÓN

En la manufactura, es crucial el uso del análisis predictivo. Este método utiliza herramientas estadísticas para predecir eventos del futuro utilizando información recaudada de años anteriores. Los empresarios esperan beneficiarse ampliamente de estos procesos analíticos-estadísticos de pronóstico. Mejoras en la calidad de producto, pronóstico de la demanda, análisis de tendencias, producción eficiente y mantenimiento preventivo son algunos de los resultados que brindan estos tipos de análisis.

Hoy en día existen varios softwares para realizar estos análisis, pero muy pocos de código abierto, por lo que es necesaria una inversión.

Con respecto a la cadena de suministro, Japón, como otros países, es dependiente de China. A raíz de la crisis que trajo consigo la pandemia del COVID-19, según la fuente del periódico Murcia Economía, Japón busca diversificar su cadena de suministro. “El primer ministro japonés, Yoshihide Suga, se comprometió el lunes a ayudar a las empresas japonesas a diversificar su cadena de suministro en el sudeste asiático, defendiendo una cooperación económica más estrecha para los países que desconfían de la creciente influencia de China en la región. (Murcia Economía, 2020)

El primer ministro fortalecerá los lazos con la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) para crear cadenas más resistentes a las crisis.

#### 2.1.1.1.2 TAILANDIA

En Tailandia, una empresa cuyos patrones de demanda son altamente estacionales puso a prueba distintos modelos de pronóstico. Entre ellos el método de descomposición, el ARIMA y el

método de Winter. Como resultado, se obtuvo que los primeros dos mencionados, el método de descomposición y el ARIMA, son más confiables y dan menos errores. Estos resultados fueron comparados con el método convencional utilizado. Seguidamente, la demanda pronosticada se utiliza como entrada en un sistema de optimización en la disminución de costos y tiempo. (Yenradee, 2001).

A medida que muchas empresas buscan diversificarse y no ser altamente dependientes de China (MurciaEconomía, 2020), esto podría ser un gran cambio significativo para la economía de Tailandia. Tailandia ya es un centro de manufactura, y podrá convertirse en la alternativa perfecta para empresas multinacionales. (Apisitiniran, 2020)

Kriangkrai Tiannukul, el vicepresidente de la Federación de Industrias Tailandesas dijo en el 2020 al Bangkok Post que las ventajas del país son su ubicación en el centro de la región y que cuenta con la infraestructura necesaria para la manufactura. (Apisitiniran, 2020)

#### 2.1.1.2. EUROPA

La creación de la zona del euro ha aumentado la importancia de obtener información oportuna sobre los cambios a corto plazo en la actividad real de la zona. En Europa, se han propuesto varios modelos alternativos para realizar el pronóstico de la producción. Entre ellos se proponen los modelos ARIMA y el VAR. (Bodo et al., 2020)

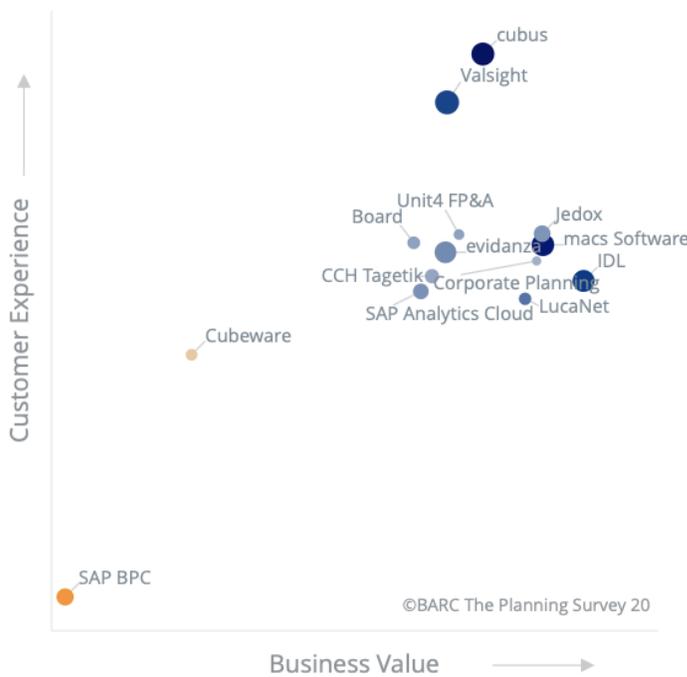
En estudios realizados por el matemático David Burba, en los procesos de manufactura de productos eléctricos en Europa, se utilizan modelos de pronóstico como lo son Naive, descomposición estacional, ARIMA, GARCH, modelos dinámicos-lineales, TBATS, prophet, LSTM y TBATS. (Burba, 2019)

Una encuesta realizada por BI-Survey nos muestra los softwares más utilizados para el

análisis de pronóstico en el continente europeo. El diagrama sitúa los sistemas según la experiencia del cliente y el valor para la empresa.

La mejor satisfacción del cliente es con el software Cubus. Cubus es una empresa de software alemana con más de 400 clientes utilizando su software para planeación, simulación y elaboración de estrategias. (BI-Survey, s. f.-d)

Así mismo podemos apreciar el software con más valor para la empresa, IDL. “Valor para la empresa” combina los beneficios obtenidos, el éxito del proyecto y la duración del proyecto. IDL es una empresa con oficinas en Alemania, Suiza, Austria y Francia. Brinda servicios de competencias en negocios, metodologías y tecnología para la planeación y análisis. (BI-Survey, s. f.-b)



**Figura 7. Europa: Experiencia del cliente vs Valor para la empresa**

Fuente: (BI-Survey, s. f.-d)

#### 2.1.1.2.1 ITALIA

Estudios elaborados por Zizza, ponen el consumo de electricidad como un importante indicador de la producción industrial. El estudio muestra que desde finales de los 90's ya se han utilizado métodos para predecir y pronosticar la demanda. El Banco de Italia ha adoptado el modelo de Marchetti y Parigi para elaborar escenarios, siempre utilizando el consumo de electricidad y sus variables; como la temperatura; para su creación. ( Zizza, 2002)

#### 2.1.1.2.2 FRANCIA

“Por lo que respecta a Francia, el atractivo del modelo de pronóstico propuesto radica en el uso conjunto de: consumo de electricidad y respuestas cualitativas acerca de la economía actual.” (Zizza, 2002). Al igual que en Italia, desde hace un poco más de dos décadas se utilizan variables para el pronóstico de demanda. Estas mismas son ingresadas en modelos matemáticos que deliberan los resultados. Entre otras variables tomadas en consideración se encuentra la cartera de pedidos, cantidad de productos términos, índices de competitividad e índices de confidencialidad.

#### 2.1.1.2.3 ALEMANIA

Pronósticos acertados que daten de los años 2000, deben tomar en consideración la reunificación de Alemania en 1991. En el mismo estudio hecho por Zizza, se optó por un modelo regresivo con transición suave para este fin.

A diferencia de Italia y Francia, el consumo eléctrico no fue de muy significativo. La característica de ser un país altamente exportador es tomada en cuenta junto con el índice de producción industrial y la cartera de pedidos como los puntos más relevantes.

Estos datos nos confirman que, en efecto, en países europeos las industrias y el gobierno buscan pronosticar demandas utilizando modelos estadísticos por medio de softwares.

La industria manufacturera de Alemania está compuesta por la producción de maquinaria, vehículos, textil, barcos, electrónicos y otros. El país está bien equipado y tiene la infraestructura necesaria para la implementación de su cadena de suministros. Tanto su céntrica ubicación en Europa y servicios óptimos de transporte y comunicación, hacen de Alemania un centro idóneo para distribución atracción de inversión en manufactura. (Kemp, 2020)

### 2.1.1.3 NORTEAMÉRICA

La misma encuesta mencionada en la sección 2.1.1.2, “The Planning Survey 20”, muestra los resultados obtenidos en Norte América. Con información de 30-40 clientes por software, OneStream ofrece una mejor experiencia para el cliente. El valor para la empresa es disputado entre tres softwares, siendo Adaptive Insights quien tiene una ventaja mínima en la categoría.

OneStream es una empresa situada en los Estados Unidos con sedes en todo el país y en Europa. La aplicación unifica la consolidación financiera, planeación, creación de reportes y presupuesto, y análisis en un solo sitio. (BI-Survey, s. f.-c)

Adaptive Insights fue fundada en Palo Alto, California y actualmente tiene influencia en 50 países. “Apoya los procesos de planificación, incluidos el modelado, la planificación de escenarios, el seguimiento, la generación de informes, el análisis y la consolidación.” (BI-Survey, s. f.-a)



**Figura 8. Norteamérica: Experiencia del cliente vs Valor para la empresa**

Fuente: (BI-Survey, s. f.-d)

#### 2.1.1.3.1 ESTADOS UNIDOS

Para 1994, un estudio entre 500 corporaciones demostró que los gerentes utilizan más su criterio para el pronóstico de las demandas. A pesar de estar al tanto de las nuevas metodologías cuantitativas, no han hecho mayor uso de ellas. “Los principales obstáculos citados para el uso de pronósticos formales son la falta de datos relevantes y el escaso apoyo organizacional.” (Sanders & Manrodt, 1994). Al utilizar los métodos estadísticos, siempre le agregan un poco de su criterio.

Una solicitud en materia de patentes publicada internacionalmente en el 2016 muestra como han aparecido nuevos softwares para el análisis estadístico de pronóstico. Se expone:

La solicitud de patente de EE. UU. No. 6.049.742 a Milne et al. da a conocer una herramienta de software informático para comparar las decisiones de planificación de suministro proyectados con perfiles de demanda esperados (...) De manera similar, la solicitud de patente EE. UU. Ser. No. 6.138.103 de Cheng et al. describe un método de toma de decisiones para la predicción de demanda incierta (...) Además, la patente de EE. UU. No. 5.459.656 de Fields et al. da a conocer un sistema que mide y almacena los datos de demanda de negocios más una pluralidad de intervalos de tiempo y proyecta la demanda empresarial de productos en intervalos de tiempo casi futuros utilizando las curvas de demanda basados en porcentajes. (Pardo et al., 2016)

Así podemos observar cómo han emergido nuevas propuestas de software para las compañías americanas.

## 2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

### 2.1.2.1 LATINOAMÉRICA

#### 2.1.2.1.1 BRASIL

El uso de tecnologías analíticas para el pronóstico en la industria es nuevo y empieza a emerger en Brasil. Han sido las empresas multinacionales las que han tratado de impulsar estos métodos, sobre todo para mejorar la manufactura que de años atrás ha sido un mercado que se ha disminuido.

Brasil tiene gran potencial para utilizar estos softwares para mejorar la eficiencia de procesos en varios mercados. Actualmente, unos de los softwares que más se utiliza para analizar data es la nube, y así monitorear la maquinaria. (Sanders & Manrodt, 1994)

#### 2.1.2.1.2 MÉXICO

Los modelos de pronóstico para empresas son enseñados en las universidades mexicanas. A pesar de esto, son muy pocas industrias las que lo utilizan. Una hipótesis es la inestabilidad de la economía, la cual dificulta el uso de información histórica de la empresa para propósitos de pronóstico.

En 1998, un estudio mostró que muchas industrias mexicanas hacen uso limitado de modelos de pronóstico, (Duran & Flores, 1998), guiándose más por su juicio.

#### 2.1.2.1.3 ARGENTINA

En Argentina, una empresa multinacional importante como lo es Whirlpool, optó por hacer uso de técnicas de pronóstico. “La nueva situación competitiva de Whirlpool Argentina exige el uso de herramientas de gestión que faciliten un conocimiento acabado de los mercados y permitan la toma de decisiones con la menor incertidumbre posible.” (Yacuzzi & Pagui, s. f.)

Ellos utilizan el modelo ARIMA para realizar su pronóstico junto con el software SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Con un análisis exhaustivo de datos y capacitaciones técnicas, se logró implementar de manera eficiente las estadísticas de pronóstico dentro de la empresa.

#### 2.1.3 ANÁLISIS LOCAL (HONDURAS)

“Honduras es de los países más competentes en la región en el ámbito de manufactura para exportación.” (Kattan et al., 2019) En el país predomina la economía del sector primario, es decir, actividades tales como la agricultura y ganadería. Las actividades secundarias como la

manufactura se centran en las maquilas de ropa, piezas de autos, metalurgia y generación de energía.

Al ser un país en desarrollo con actividades primarias, no todas las empresas cuentan con un sistema estadístico de pronóstico para definir el futuro de sus ventas. La excepción siendo empresas extranjeras con conocimientos previo a estas metodologías y capacidad de inversión e implementación.

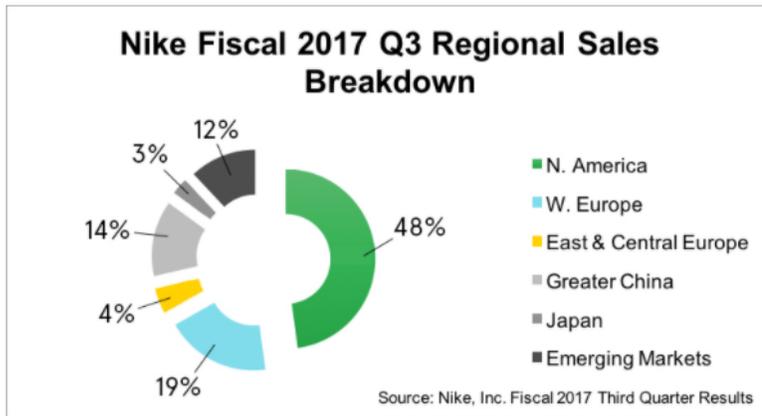
#### 2.1.4 ANÁLISIS INTERNO

##### 2.1.4.1 LA EMPRESA TRES VALLES

La Empresa objeto de estudio cuenta con cinco plantas de manufactura. La que denominaremos Planta uno y dos, por nivel de antigüedad en el mercado, nació como una empresa familiar fundada en 1956 por los hermanos Warren, David y Annette Hackman. En el año 2007 adquiere una compañía a la cual le subcontractaba que se le denominará Planta tres. Dicha compra se realizó para aumentar su capacidad de fabricación de camisetas. Planta tres ha crecido de una instalación de 30,000 pies cuadrados a una ocupación actual de más de 200,000 pies cuadrados. Este crecimiento se da debido a la creciente demanda de sus clientes de un fabricante de ropa de servicio completo.

Luego en el año 2016, una prestigiosa firma de inversión, que es una corporación ubicada en Maryland fundada en febrero del 2004, cuyo capital es de origen estadounidense; decide incursionar en el rubro de la manufactura textil a través de la asociación estratégica con la prestigiosa marca Nike. En agosto del mismo año se hace público el lanzamiento de una nueva organización llamada La Empresa, con Steve Cochran a la cabeza. Steve fue elegido el CEO de la

nueva compañía, liderando la misión de crear una cadena de suministro integrada verticalmente que atienda el hemisferio occidental con una respuesta más rápida para la atención del creciente mercado.



**Figura 9. Ventas Regionales de Nike Tercer Trimestre del año 2017**

Fuente: (Avnet, 2017)

Con este objetivo en mente de atender el mercado norteamericano en su mayoría, se adquieren las empresas que ya suplían los productos de Nike en la región, como ser Planta 4, cuya razón social es de Sociedad Anónima (S.A.), adicional un fabricante de prendas de vestir con todos los servicios completos con sede en Pensilvania y centros de manufactura en Honduras y Nicaragua. La última empresa en ser adquirida se le denominará Planta 5, que era un operador de embellecimiento, almacenamiento y logística en Norfolk con una de sus filiales en El Salvador conocida. En adición a estas decisiones estratégicas como se menciona arriba se decide integrar la empresa Planta 3 en Honduras con razón social Sociedad Anónima de Capital Variable (S.A. de C.V.). Ellos solían ser subcontratistas de Plantas 1 y 2 y pasan así a formar parte de una corporación multinacional, llamada La Empresa. El nombre de La Empresa objeto de estudio, el cual no puede ser revelado por temas de confidencialidad, es una combinación de palabras en ingles que significa “Integridad e Integración” haciendo referencia a los valores y el objetivo principal de la compañía,

que intenta a toda costa llegar a ser uno de los pioneros en la integración vertical en la industria de la manufactura de prendas de vestir multi- estilos.

La Empresa cuenta con más de 10,000 empleados alrededor de sus localidades. Su especialidad en esta ubicación es la operación de gran volumen y operaciones de embellecido como ser costura, bordado, serigrafía, sublimación y parchos.

Su ubicación es ideal para un servicio rápido ya que está a solo 45 min en automóvil del puerto, por lo que la carga de contenedores puede salir de la fábrica y estar a bordo en cuestión de horas. También están a solo veinte minutos del aeropuerto internacional de San Pedro Sula, por lo que se logra satisfacer rápidamente las necesidades de cualquier envío aéreo.

A continuación, se detalla un cuadro que representa cada proceso de embellecimiento que la empresa ofrece en su catálogo de servicios de la planta 3.

**Tabla 2 Procesos de embellecimientos en SAC**

<b>DEPARTAMENTOS</b>	<b>PROCESO EMBELLECIMIENTO</b>
Edificio 1	CORTE Y COSTURA
Edificio 2	BORDADOS
Edificio 3	SERIGRAFÍA
Edificio 4	SUBLIMADO
Edificio 5	DESARROLLO DE MUESTRAS
Edificio 6	TWILL & PARCHOS

Fuente: Elaboración Propia

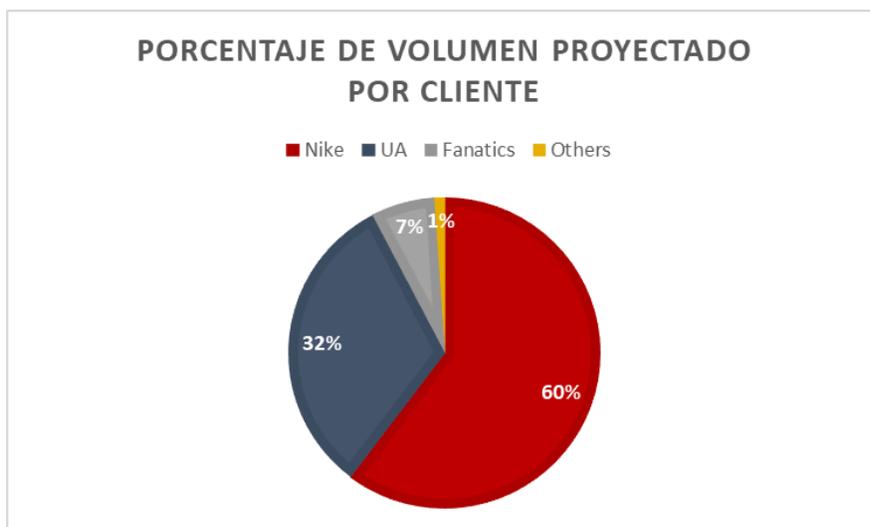
#### 2.1.4.2 SITUACIÓN ACTUAL DENTRO DE LA EMPRESA

##### 2.1.4.2.1 CLIENTES

La Empresa está en el rubro de manufactura textil desde su constitución en el 2016. Esta

ofrece sus productos a clientes altamente posicionados en su respectivo segmento de mercado. Por ende, el volumen de producción ha ido en ascendencia, y requiere un alto nivel de servicio y flexibilidad para adaptarse a las demandas de un mercado con ventas estacionales. Estas demandas crean una alta volatilidad en el pronóstico, dificultando así la toma de decisiones a lo largo de la organización.

Actualmente La Empresa cuenta con tres clientes principales: Nike, Fanatics y Under Armour, cada uno de ellos con una participación en la demanda total de la empresa. Ver Fig. 10.



**Figura 10. Distribución porcentual de volumen en piezas por cliente**

Fuente: Propia, tomado de los datos de pronóstico para el 2021.

Como se puede observar en la Fig. 10, el cliente con mayor participación es Nike por lo que para efectos de esta investigación, nos enfocaremos en dicho cliente.

#### 2.1.4.2.2 PRODUCTOS

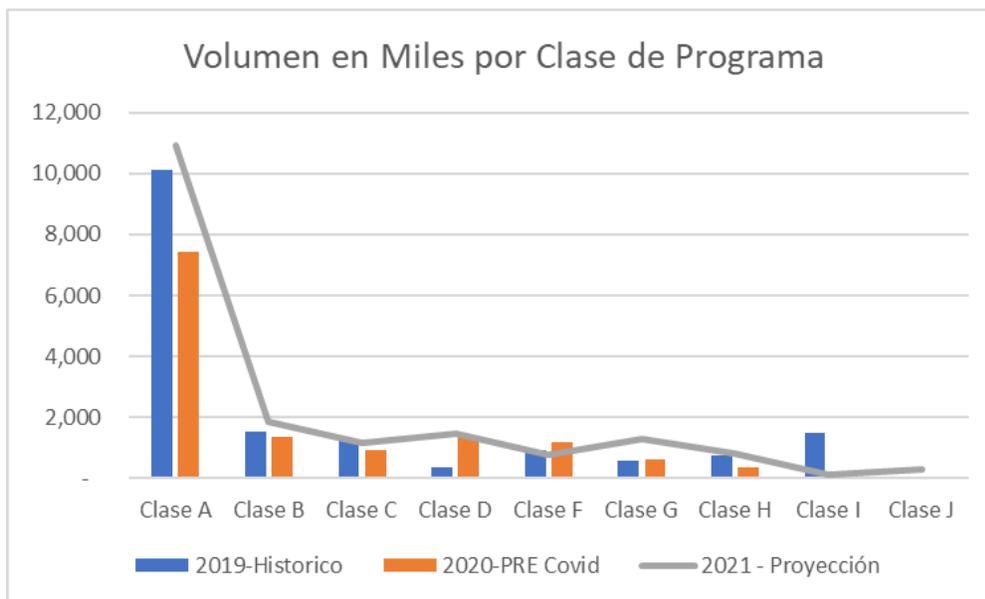
Dentro de los productos de este cliente se encuentran diferentes programas, dentro de los cuales se agrupan los diversos estilos que varían según el tipo de construcción y complejidad; pero

que son similares en precio y materiales dentro del mismo grupo o categoría.

#### 2.1.4.2.3 PRINCIPAL CATEGORÍA DE EXPORTACIÓN

La categoría principal en cuanto a volumen de exportación para La Empresa es un tipo de camiseta básica con grandes volúmenes y precios moderados a bajos. Para efectos de esta investigación, en adelante le llamaremos “Programa de Clase A” por efectos de confidencialidad de la información. Dicha categoría pertenece a un programa de camisetas de construcción básica insigne de la marca del cliente que representa un 58% del volumen total con base a históricos del 2019 al 2020 y la proyección del 2021.

Por consiguiente, el pronóstico de demanda de esta categoría representa un alto impacto en cuanto a volumen. Así mismo es considerada como crítica en cuanto análisis de pronóstico, debido a que su participación marca el porcentaje de acierto o desacierto de este.



**Figura 11. Principales categorías por volumen de exportación**

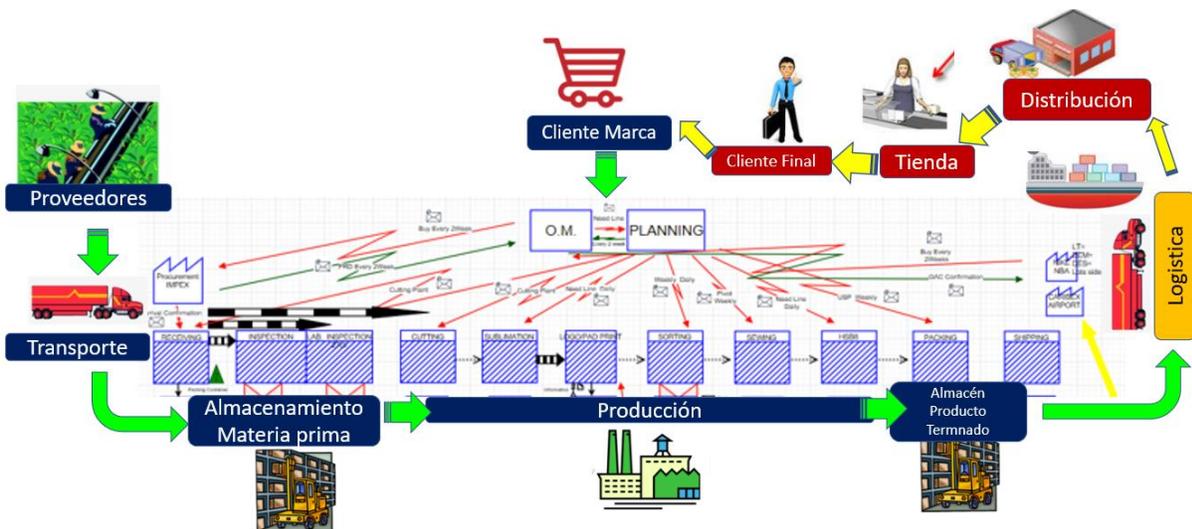
Fuente: Elaboración propia basado en datos históricos tomados de Máster de producción de los años 2019-2021 custodiado por el departamento de Planificación.

El ciclo de análisis de un pronóstico actualmente toma alrededor de dos semanas y se divide en diferentes etapas, ver Fig. 12 para una explicación visual de cada una de ellas.

### 2.1.4.3 CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de suministro de La Empresa abarca desde la etapa de abastecimiento hasta el envío del producto terminado por el medio de transporte seleccionado por el cliente para distribuir o almacenar sus productos.

Como se explicó en la sección 2.1.3.2 la empresa cuenta con una cartera de clientes específica, la cual dependiendo el tipo de producto puede variar su modelo en relación con el tipo de pedido. Para la principal categoría de exportación, que es el objeto de estudio, se describirá brevemente los pasos de la cadena de suministro dentro de La Empresa. La Fig. 12 es una ilustración gráfica de las etapas de la cadena de suministro dentro de La Empresa.



**Figura 12. Etapas de la cadena de suministro dentro de La Empresa**

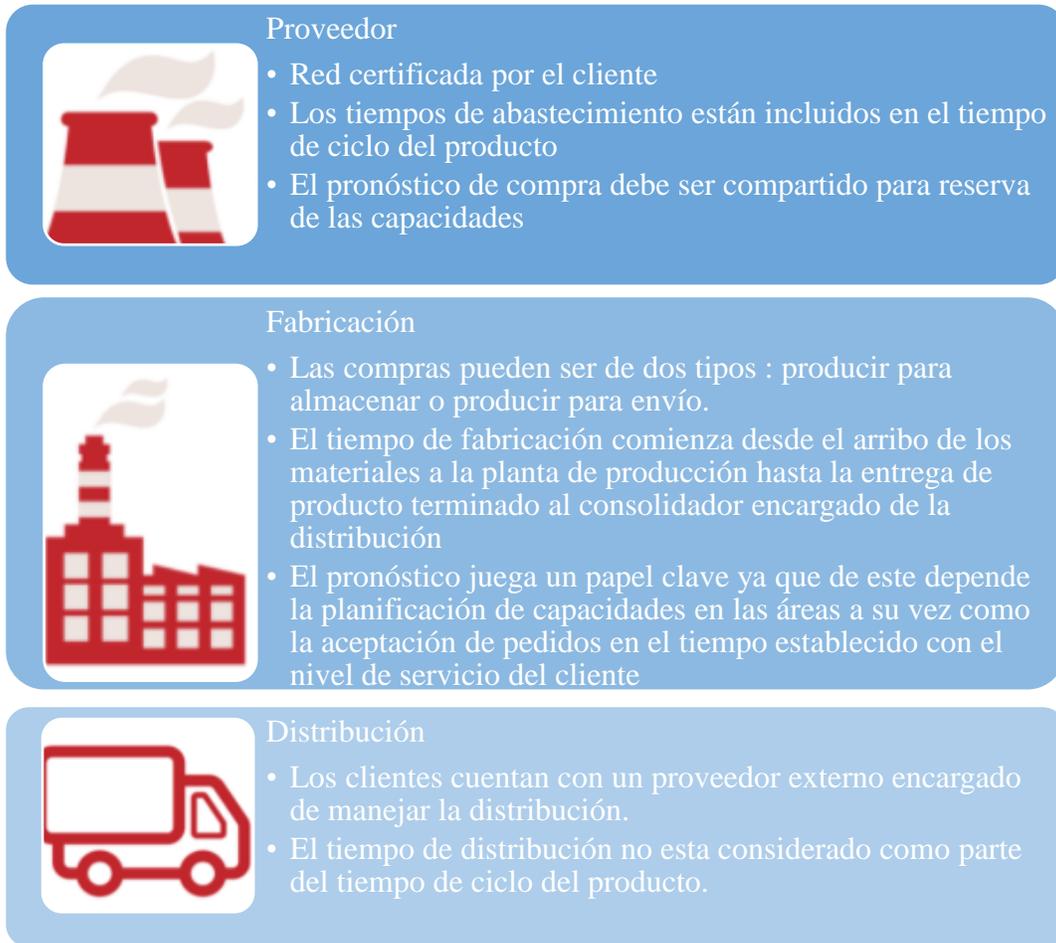
Fuente: Elaboración propia basado en análisis del proceso de confirmación de órdenes del departamento de Planeación

A continuación, se describen brevemente los aspectos importantes de las etapas de la cadena de suministro para La Empresa objeto de estudio, con el fin de resaltar los puntos clave relacionados al tema de investigación.

El tiempo de abastecimiento de los proveedores es contemplado en el ciclo del producto, por lo que se debe tener una red confiable y certificada que tenga capacidad de solventar la demanda.

Se produce para dos diferentes fines: envíos o almacenamientos. Así mismo, también el tiempo de fabricación es tomado en consideración en el tiempo del ciclo del producto. El tiempo empieza a correr desde la llegada de la materia prima a la planta de fabricación hasta que es despachado.

El tiempo requerido para el envío del producto no se considera en el ciclo mencionado. En este caso en particular, La Empresa hace uso de un proveedor externo para la movilización de los mismo.



**Figura 13. Aspectos importantes de las etapas de la cadena de suministro**

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las actividades de la Cadena de suministro la planificación de la demanda juega un rol trascendental para el éxito en el manejo de la cadena de valor, por lo tanto, es necesario detallar los procesos de la empresa objeto de estudio en relación al análisis de pronóstico.

#### 2.1.4.4 ETAPAS DE ANÁLISIS DE PRONÓSTICO

A continuación, se menciona brevemente en que consiste cada una de las cinco etapas del análisis de pronóstico.

**a) Recepción del pronóstico de demanda:**

El equipo de planeación de la demanda corporativo envía en un periodo establecido la proyección de la demanda que descargan del sistema de los clientes y la trasladan a un archivo de Excel que luego pasan al equipo de Planeación Regional. La forma en que cada cliente envía su pronóstico de demanda es diferente en cuanto a formato, frecuencia y fuentes de donde obtener la información. La siguiente Tabla 3 proporciona el resumen como referencia.

**Tabla 3 Frecuencia de recepción de pronóstico**

CLIENTE	FUENTE DE INFORMACION	FRECUENCIA
NIKE	SISTEMA COGNOS	Bi-semanal
UNDER ARMOUR	SNC	Mensual
FANATICS	ASN	Trimestral

Fuente: Propia, tomado del departamento de Análisis de Demanda.

**b) Distribución de la demanda**

Una vez se recibe el pronóstico de la demanda global, se hace una revisión general de los estilos, colores, temporada y programas que vienen incluidos en el pronóstico. El equipo de Planeación Regional le asigna una localidad a cada estilo, temporada y programa para definir en qué planta se hará el proceso de manufactura.

**c) Análisis de variación**

La variación de la demanda es un incremento o decremento que puede sufrir la demanda en un periodo de tiempo determinado. Otra forma de medirla es analizando el error o desviación que se tiene, conocido también como la precisión del pronóstico.

**d) Análisis de capacidad**

En este paso se consolida la demanda por cada planta y se trabaja con los equipos multidisciplinarios como Planning, Ingeniería y Producción para establecer la capacidad por cada gama de producto y definir las acciones necesarias para asegurar la utilización de las áreas de manufactura.

**e) Actualización de la capacidad en sistema de los clientes**

Este aspecto es importante ya que es el inicio y el final del ciclo. Al actualizar la capacidad, comienza nuevamente la proyección porque dependiendo de la capacidad es el nivel de proyección siguiente.

En la figura que se verá a continuación, se resumen las cinco etapas explicadas anteriormente.

Sum of Units	GAC Month										
Factory Location	Supply	Prod Type	Prod Cd	2020-01	2020-02	2020-03	2020-04	2020-05	2020-06	2020-07	2020-08
Decotex	FLT	Brand Printed		100,223	355,190	274,860	173,083	344,457	332,651	141,768	95,432
FLT Total				100,223	355,190	274,860	173,083	344,457	332,651	141,768	95,432
Decotex Total				100,223	355,190	274,860	173,083	344,457	332,651	141,768	95,432
SAC	FLT	Brand Printed		68,267	52,199	75,106	49,716	23,859	24,690	14,227	5,243
FLT Total				68,267	52,199	75,106	49,716	23,859	24,690	14,227	5,243
SAC Total				68,267	52,199	75,106	49,716	23,859	24,690	14,227	5,243
Grand Total				168,490	407,389	349,966	222,799	368,316	357,341	155,995	100,675

### Distribución de la Demanda por Plantas de Manufactura

Corporativo designa la distribución de la Demanda en las plantas de Honduras entre SAC y 27th

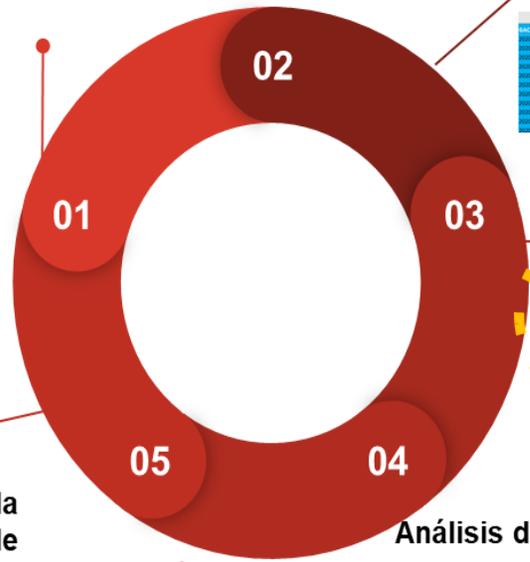
### Recepción del Forecast

Corporativo descarga del Sistema del cliente el pronostico de demanda



### Actualización de la Capacidad en Sistema de Cliente

Se actualiza la capacidad en el Sistema del cliente acorde a la confirmación de capacidad de cada planta.



Prod Month	SAC	Prod Type	Prod Code	Prod Cat	Prod Desc	Code	Factory Location	Prod Type
2020-06	419000	Brand Printed	419000	01	BRAND PRINTED	419000	HONDURAS	Brand Printed
2020-06	419000	Brand Printed	419000	02	BRAND PRINTED	419000	HONDURAS	Brand Printed
2020-06	419000	Brand Printed	419000	03	BRAND PRINTED	419000	HONDURAS	Brand Printed
2020-06	419000	Brand Printed	419000	04	BRAND PRINTED	419000	HONDURAS	Brand Printed
2020-06	419000	Brand Printed	419000	05	BRAND PRINTED	419000	HONDURAS	Brand Printed

### Análisis de Variación

Se esta iniciando a evaluar los cambios entre proyecciones pero no existe un proceso

TOTAL	18,225,002	15,991,544	(882,596)	(640,351)	(1,622,947)	(126,491)	(484,020)	(610,511)	(2,204,577)
PLANT / PRODUCT TYPE	BUY PLAN	BUY PLAN	1Q 2020	2Q 2020	3H 2020	3Q 2020	4Q 2020	1H 2020	BP 12-16 - BP 1-6-20
BRAND-PRINTED	429,084	172,259	(186,363)	(112,693)	(299,056)	(19,907)	62,137	42,200	(256,825)

### Análisis de Capacidad

El planeador de cada planta analiza sus nuevas proyecciones y hace estudio de capacidad

1 **Figura 14. Diagrama macro del proceso de análisis de pronóstico**

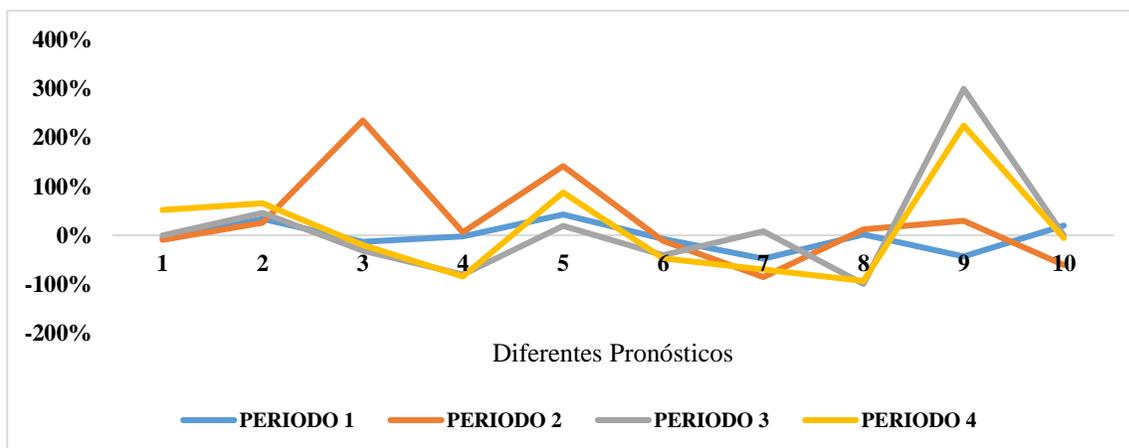
Fuente: Elaboración Propia basado en ejemplos de los reportes de análisis de pronóstico de 2020 por Planeación

Al tener esta predicción, la empresa prepara su oferta adecuadamente.

Actualmente no se cuenta con un proceso efectivo de medición de esta variación ya que, al ser tan elevada, no se ha establecido el modelo correcto de pronóstico y por ende de medición de los cambios o variación de este.

Como se menciona en la etapa 1, el pronóstico de la Clase A se recibe en un lapso de cada dos semanas, y en ese lapso la variabilidad de la demanda oscila de manera exacerbada y se cree que está afectada por los constantes cambios. En la Fig. 15 se refleja una muestra de diez diferentes pronósticos en secuencia. Los pronósticos cubren cuatro periodos del año y denota la alta volatilidad que el pronóstico tiene, ni siquiera contra la actualización previa de dos semanas antes del más actual.

Aquí radica uno de los principales retos para la organización. Dentro de este ciclo de actualización de pronóstico, la frecuencia de cambio de pronósticos pareciera ser muy corta para los productos de mayor volumen de exportación. El programa clase A sufre retos, a pesar de que es grande en volumen, su demanda es altamente inestable. Esto se debe a que varía constantemente durante este periodo de cada dos semanas y actualmente el método de proyección de pronóstico, que consiste en colocar la demanda como la envían los clientes, no está siendo óptimo. El bajo rendimiento del método de proyección es debido a que el pronóstico adicionalmente tiene una alta variación con respecto al presupuesto fijo establecido como meta durante el periodo de presupuesto financiero, así como contra los pronósticos anteriores.



**Figura 15. Variación del pronóstico en 10 ciclos**

Fuente: Propia, tomado del pronóstico de Demanda de Categoría Clase A para el 2020 tomado de enero a mayo para los Periodos Q1-Q4

#### 2.1.4.6. EL PRONÓSTICO Y SU RELACIÓN CON EL PRESUPUESTO

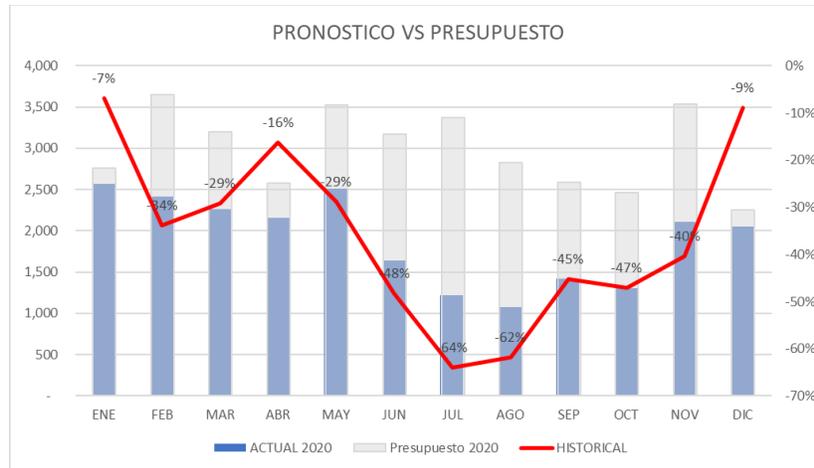
Es importante establecer la diferencia y relación entre el presupuesto y el pronóstico. Según Baldera, el presupuesto es un conjunto de expectativas establecidas antes del inicio de un periodo particular. (Baldera et al., 2017). El presupuesto precisa los costos esperados para un periodo que aún no ha empezado.

El presupuesto y el pronóstico son en gran parte similares y, a menudo, idénticos en el tipo de números que están midiendo. La diferencia clave en el presupuesto y el pronóstico es el momento en que son realizados. El presupuesto se hace antes del inicio del periodo y el pronóstico es una actualización hecha durante el periodo.

Actualmente en La Empresa el presupuesto se realiza en un software llamado Viena, recientemente adquirido en el 2020. Históricamente se realizaba de forma manual en hojas de Excel. El pronóstico de demanda no tiene un software en el que este consolidado, sino como se mencionaba arriba, se descarga del sistema del cliente y se trabaja en hojas de Excel una vez se

consolida la demanda de los diferentes clientes.

La desconexión de presupuesto con la demanda real debido a los errores del pronóstico puede ocasionar un incremento en los costos operativos debido a la falta de tiempo para la toma de decisiones, en el 2020 el pronóstico versus la demanda real vario en promedio un 37% por debajo del plan en la empresa analizada.



**Figura 16. Diferentes pronósticos para todas las categorías**

Fuente: Elaboración propia basado en la información recopilada en La Empresa para periodo 2020 por el departamento de Planeación

Dicho esto, cabe recalcar que el equipo de liderazgo tiene dentro de sus objetivos el implementar proyectos de mejora continua en diferentes áreas de la compañía. Siendo la implementación de un proceso de pronóstico más confiable basado en datos históricos una de las prioridades.

Existen diversos métodos de pronóstico que permiten reducir el error de pronóstico. La aplicación y selección de alguno de estos modelos, puede optimizar y mejorar la precisión del pronóstico para planificación de la demanda. Lo anterior es mencionado, con el fin de ser más competitivos en un mercado que demanda alta flexibilidad y calidad en el servicio.

#### 2.1.4.7. EFECTOS SECUNDARIOS DE UN MAL PRONÓSTICO

Son muchos los impactos negativos que un mal pronóstico ocasiona en La Empresa, ya sea si el pronóstico fue demasiado alto u optimista o demasiado bajo. (Impacto de los pronósticos de ventas erróneos, s. f.) brinda una idea del impacto de pronósticos de venta erróneos que servirá como base para resumir algunos impactos que se está teniendo en La Empresa. Dentro de los cuales podemos mencionar los más significativos:

##### a) Producción

Al tener una mala señal de pronóstico la producción se ve afectada ya que La Empresa tiene exceso de producto terminado en el almacén relacionado con que existen dos tipos de ordenes ver Fig. 17. En especial se tiene un exceso de prendas terminadas en las ordenes de ciclo corto porque son basadas en la estimación de consumo. Adicional se ha incurrido en problemas de capacidad de producción cuando el pronóstico es demasiado bajo y no se puede anticipar el incremento en la demanda requerida

##### De ciclo completo (FLT, Full lead time)

- Son órdenes que se producen con base a una orden de producción
- Conocidas como Make to Ship (Producir para envío)

##### De ciclo corto (Short, Lead time)

- Son órdenes que se producen con base a una estimación de consumo
- Conocidas como Make to Stock (Producir para almacenar)

### Figura 17. Errores de producción

Fuente: Elaboración propia

## **b) Inventario**

El exceso de existencias en unos componentes principalmente en el inventario de Materia primas como telas y etiquetas ha ido en aumento y son efectos de que en ciertas categorías el pronóstico no es preciso en cuanto al nivel de estilo y color; el mismo efecto sucede al contrario debido a que constantemente se está viendo impactada la producción por falta de abastecimiento en productos críticos como el hilo, la tinta, materiales de empaque entre otros materiales.

## **c) Las utilidades**

Se ven directamente impactadas ante cualquier cambio de pronóstico ya que la empresa incurre en gastos innecesarios si el dato pronóstico es elevado o deja de percibir debido a que no se anticiparon las acciones para cuando la demanda es menor.

## 2.2 TEORÍA DE SUSTENTO

### 2.2.1. CADENA DE SUMINISTROS

El concepto de logística tradicional se relacionaba solamente con el movimiento físico de Materiales y solo enfoca a los procesos internos de la empresa, pero el mundo competitivo actual, se requiere que se amplié este foco, dirigiéndonos a los clientes y los proveedores; a partir de este contexto surge el concepto de la cadena de suministro.

(Frazelle,E,2002), define que la cadena de suministro, Es la integración de todas las actividades asociadas al flujo y transformación de bienes y servicios, desde la materia prima hasta el usuario final, así como el flujo de la información buscando mejorar las relaciones estratégicas en la cadena de suministro, para lograr una ventaja sostenible.

De esta manera, se entiende que la cadena de suministro es la integración de las diferentes

fases que atraviesa el bien o servicio desde que se obtiene la materia prima del proveedor hasta que el minorista se encarga de brindar los bienes o servicios al cliente final con la finalidad de satisfacer su necesidad.

#### 2.2.1.1. ETAPAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de suministro abarca varias etapas que incluyen:

##### **a) Clientes**

Detallistas. Mayoristas/distribuidores. Fabricantes. Proveedores de componentes y materias primas. Cada etapa en la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y fondos. Estos flujos ocurren con frecuencia en ambas direcciones y pueden ser administrados por una de las etapas o un intermediario. (2013, p. 4)

##### **b) Proveedores**

Los proveedores de primer nivel son los encargados de abastecer de materia prima a los fabricantes, en tanto los proveedores de segundo nivel son los que venden a los proveedores de primer nivel y así sucesivamente.

##### **c) Fabricantes**

Estos son los encargados de realizar la transformación de materia prima a productos terminados.

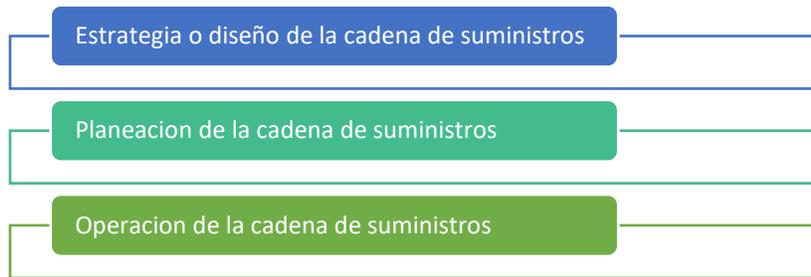
##### **d) Distribuidores**

Estos se encargan de hacer llegar el producto terminado a los mayoristas, si estos a la vez venden el producto a otro distribuidor, o a los minoristas, quienes venden el producto al consumidor final. Es así como se dice que los distribuidores forman el denominado “canal de distribución”. (2014, p. 5)

### 2.2.1.2 OBJETIVO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El Objetivo de toda cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. el valor también conocido “Superávit de la cadena de suministro”. El superávit se puede calcular como el valor para el cliente menos el costo para la cadena de suministro.

A continuación, se detallan las fases de una cadena de suministros.



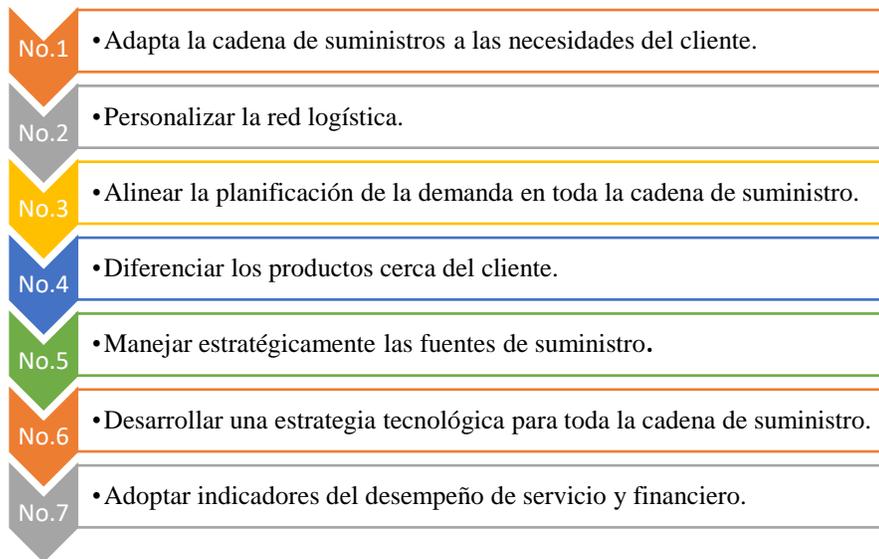
**Figura 18. Fases de una cadena de suministros**

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1.3. PRINCIPIOS PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

La implementación de los principios de la gestión de la cadena de suministros permite balancear las necesidades de un excelente servicio a clientes con los requerimientos de rentabilidad y crecimiento. Al determinar qué es lo que los clientes demandan y cómo se coordinan los esfuerzos en toda la cadena de suministros para satisfacer estas demandas más rápido, más barato y mejor.

En la siguiente figura se ilustran los siete principios de la cadena de suministros por (EALDE, 2018).



**Figura 19. Siete principios de la cadena de suministros**

Fuente: Elaboración propia con datos (EALDE, 2018)

#### Principio No. 1 Adapta la cadena de suministros a las necesidades del cliente

Se segmentan los clientes basado en las necesidades de servicio de cada uno y se adaptan a la cadena de suministros. Se pueden segmentar por volumen de ventas, rentabilidad o por tipo de producto industria o vía de comercialización.

#### Principio No. 2 Personalizar la red logística

Se trabaja en las necesidades de los servicios para atender los diferentes segmentos, lo que significa que cada red será personalizada para cada cliente según sus características.

#### Principio No. 3 Alinear la planificación de la demanda en toda la cadena de suministro

La planeación de ventas y operaciones debe cubrir toda la cadena, tratando de encontrar el diagnóstico oportuno de los cambios constantes en la demanda, detectando los patrones de cambio en el procesamiento de órdenes las promociones a clientes.

#### Principio No. 4 Diferenciar los productos cerca del cliente

Se debe posponer la diferenciación entre los productos en el proceso de manufactura lo más cerca posible del cliente final, para que también se tenga un beneficio en los costos.

Principio No. 5 Manejar estratégicamente las fuentes de suministro

Anteriormente se ponían en competencia a los proveedores. El concepto actual es “ganar’ganar”.

Principio No. 6 Desarrollar una estrategia tecnológica para toda la cadena de suministro

La tecnología de información debe soportar múltiples niveles de toma de decisiones, así como proveer una clara visibilidad de flujo de productos, servicios, información y fondos.

Principio No. 7 Adoptar indicadores del desempeño de servicio y financiero

Estas mediciones contienen indicadores financieros y ayudan a medir los niveles de servicio.

#### 2.2.1.4 PROCESOS PRIMARIOS DE GESTIÓN DEL MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTROS

Para Rivera, el modelo de la cadena de suministros se organiza en cinco principales procesos de gestión relacionados entre sí: planificación, abastecimiento, producción entrega y retorno. (EALDE, 2018)



**Figura 20. Procesos de gestión del modelo de la cadena de suministros**

Fuente: (ELADE, 2018)

a) Planeación

El proceso de planeación cumple con dos funciones importantes dentro del modelo. El primero es balancear los requerimientos de la demanda frente a los recursos disponibles y el segundo, cumplir con una función integradora entre elementos de otros procesos y los proveedores / cliente.

b) Abastecimiento

Documenta las actividades que vinculan a la organización con sus proveedores. Incluye actividades como adquisición, recepción, inspección, almacenamiento y despacho de materiales.

c) Producción

Este proceso abarca todas las actividades implícitas en la transformación de la materia

prima en producto terminado, Este proceso abarca el pedido, recepción e ingreso de materia prima junto con la manufactura, empaque y embalaje; entre otros.

d) Entrega

Este proceso documenta las actividades vinculadas a la organización con sus clientes, Como ser: administración de órdenes, creación y mantenimiento de bases de datos de clientes y productos / precios y manejo de cuentas.

e) Retorno

Para Flores, los procesos de retorno abarcan las actividades vinculadas con el manejo de devoluciones tanto de los que se realiza a los proveedores de la empresa, como las que solicitan los clientes de la empresa. (2013, p. 25)

#### 2.2.1.5. PRIORIDADES COMPETITIVAS

Una buena gestión de la cadena de suministro tiene un efecto sobre las prioridades competitivas, que las empresas consideran al establecer y desarrollar sus estrategias. Estas permitirán direccionar a su empresa hacia el éxito. En el siguiente cuadro se muestran unas de ellas.



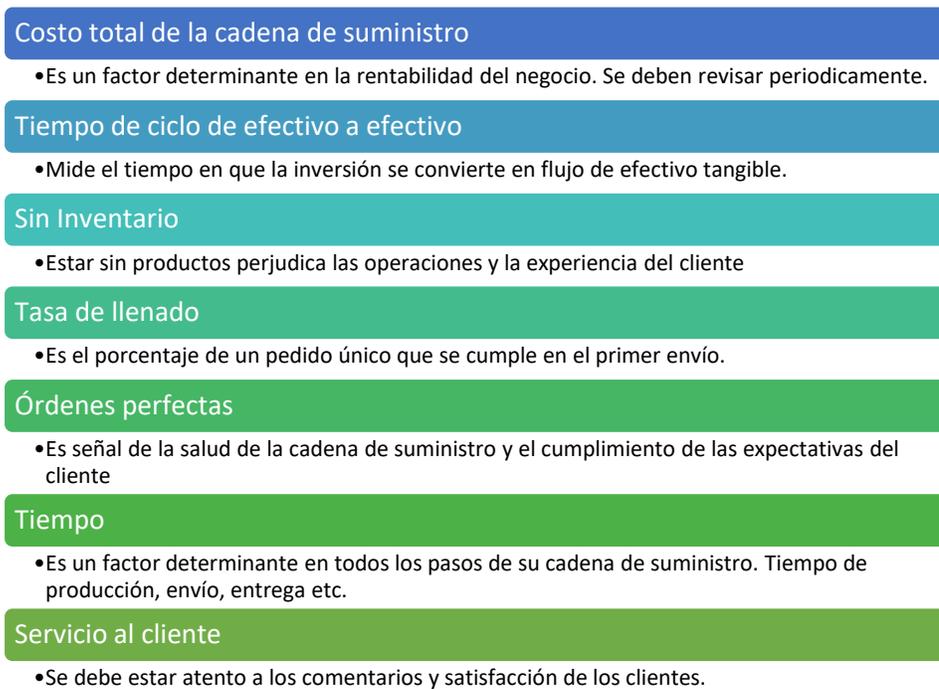
**Figura 21. Prioridades competitivas**

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, una empresa debe tener mejor calidad, costos y tiempos de entrega más bajo y un compromiso ambiental para tener un alto nivel de competitividad contra otras empresas.

Según el blog financiero, Analítica de Retail, se debe revisar los indicadores clave de rendimiento (KPI) para evaluar el desempeño de la cadena de suministro de una empresa.

(Analítica de Retail, 2018) La Fig. 22 lista y da una breve explicación de los KPI.



## Figura 22. Indicadores clave de rendimiento

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.2 LA DEMANDA

Según la Real Academia Española, demanda es la “cuantía global de las compras de bienes y servicios realizados o previstos por una colectividad”. (Real Academia Española, s. f.). En palabras más simples, se puede definir como la cantidad de producto que pide el consumidor. La

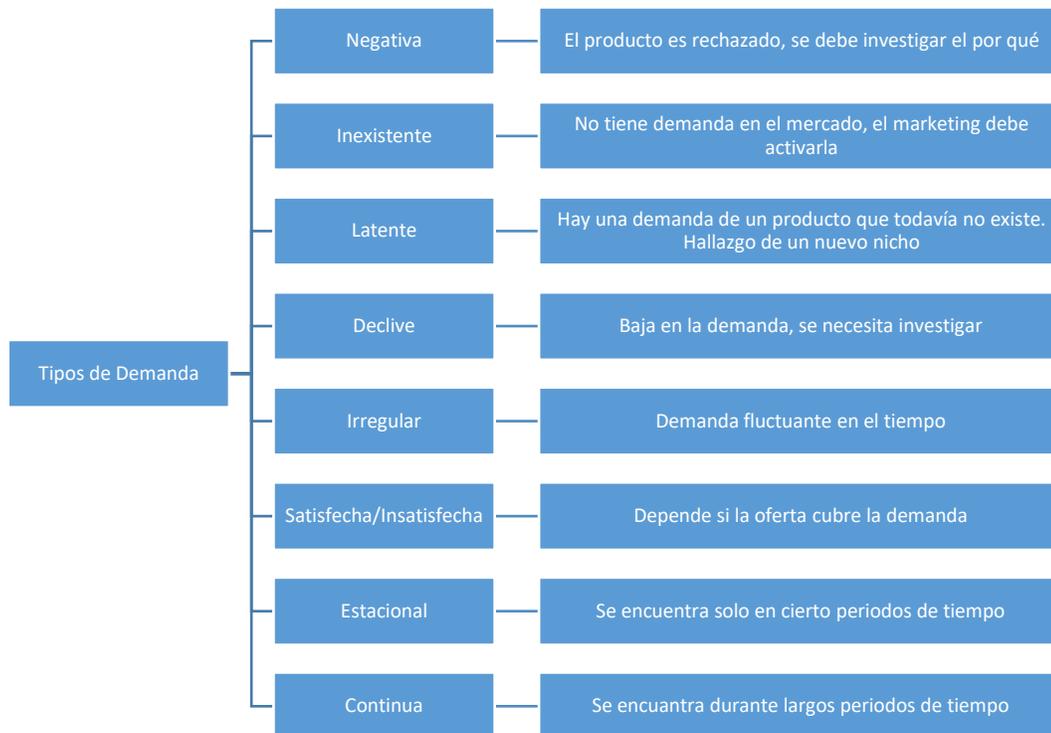
demanda se puede considerar como la vida de la economía de una empresa, pues ella es quien dicta y determina la producción.

El proceso planeación de la demanda está altamente vinculado con la cadena de suministro, concepto que se abordará más adelante. La planeación de la demanda es definida como un “conjunto de acciones y técnicas de cálculo necesarias para aprovisionar producto a uno o varios centros de consolidación o almacenaje”. (MeetLogistics, 2020) Una empresa debe mantener el equilibrio entre la demanda y el suministro de producto. Tener la cantidad suficiente para suplir a los clientes, pero no excederse o tendrá un surplus que podrá conducir a pérdidas.

#### 2.2.2.1 TIPO Y PATRÓN DE DEMANDA

Se debe considerar, primero, un aspecto muy importante de la demanda, la caracterización. Su caracterización puede ser como demanda independiente, o como demanda dependiente o derivada. La demanda independiente es generada por entes externos a la empresa, como los clientes que compran los productos terminados que ésta manufactura. La demanda dependiente, por el contrario, como su nombre lo indica, depende de otras.

Existen distintos tipos de demanda que mencionaremos y se explicaran en la gráfica a continuación. Se debe tener en mente que la aproximación hacia estos tipos de demanda depende casi en su totalidad en el marketing utilizado.



**Figura 23. Tipos de demanda**

Fuente: (Retos en Supply Chain, 2018)

#### 2.2.2.2. TIPOS DE DEMANDA

Una demanda probabilística tiene análogamente dos clasificaciones:

Estado estacionario, donde la función de densidad de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambios con el tiempo.

Estado no estacionario, donde la función de densidad de probabilidad varía con el tiempo.

Por otro lado, (Vidal, 2010) expone una clasificación de tipo de demanda diferente a la anterior. Una clasificación desde un punto de vista organizacional, es decir interno, propio de una empresa. Acorde a esto, los tipos de demanda se caracterizan de la siguiente forma:

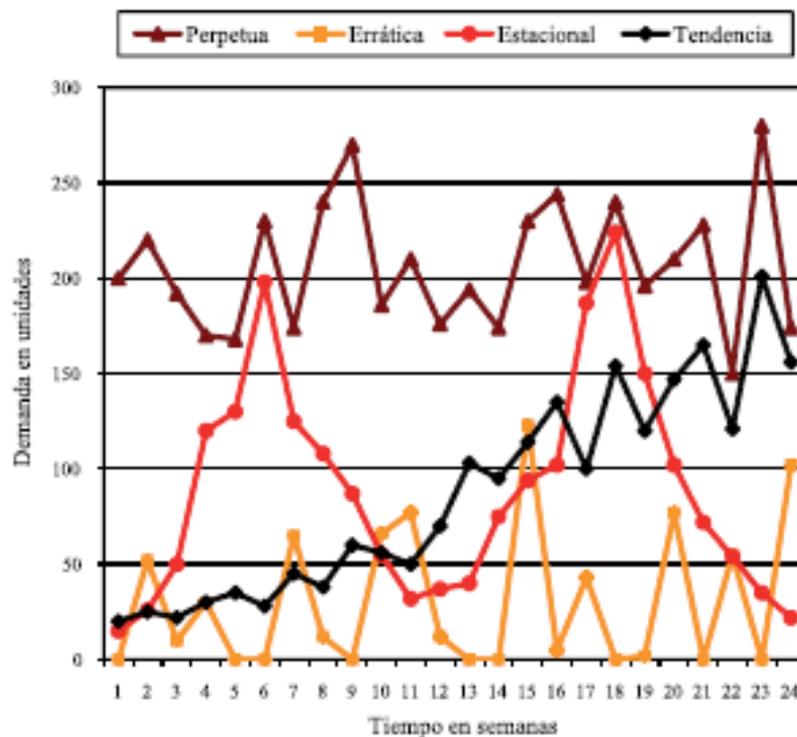
**a) Demanda Independiente**

Es aquella determinada por necesidades externas a la empresa, por ejemplo, clientes o consumidores de los productos fabricados.

**b) Demanda Dependiente**

A diferencia de la independiente, está en relación de dependencia de otras demandas sean dependientes o independientes, como ser materia prima que varía conforme a producción por demanda de clientes.

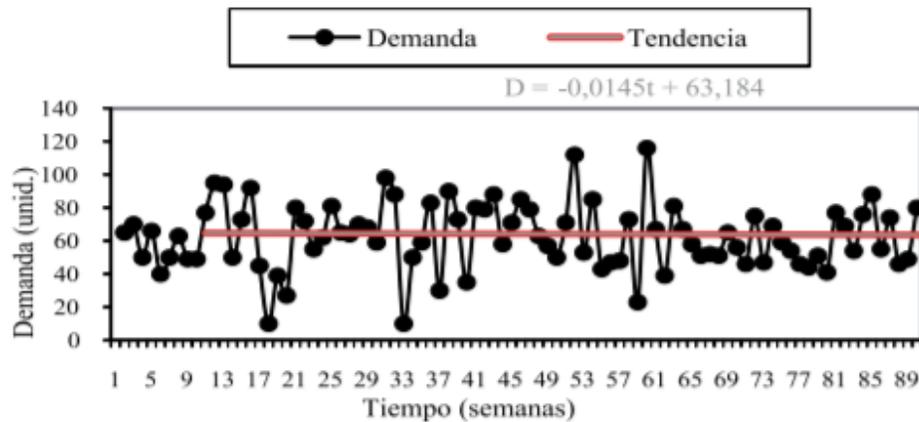
A modo de ejemplo, las siguientes gráficas tomadas del libro de (Vidal, 2010), detallan los comportamientos de las demandas de acuerdo a su comportamiento.



**Figura 24. Demandas según su comportamiento**

Fuente: (Vidal, 2010)

Según el libro de Vidal (2010), mostraremos los análisis de datos históricos y patrones de la demanda. Es de vital importancia la caracterización y los patrones de demanda, las cuales mostramos a continuación. (Vidal, 2010).



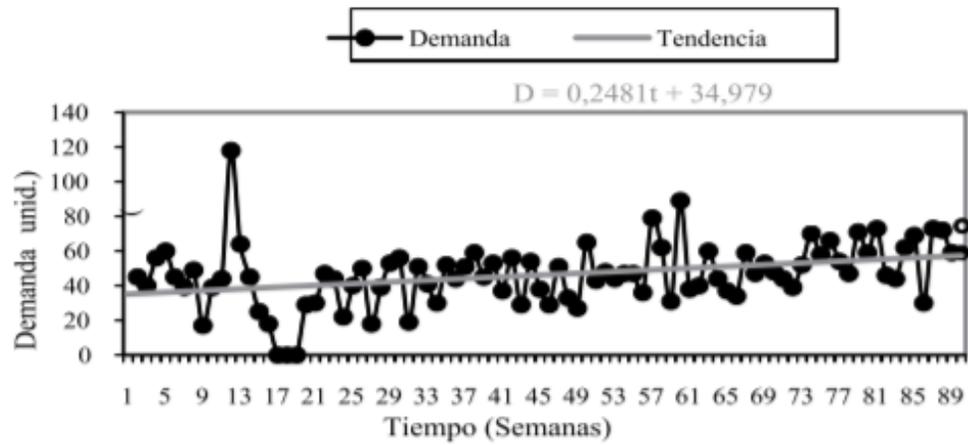
**Figura 25. Demanda perpetua o estacionaria**

Fuente: (Vidal, 2010)

Calcular la demanda perpetua o estacionaria es simple, consta de n periodos largos de tiempo con poca o ninguna fluctuación manteniendo rangos pequeños de variación. Para determinar si una demanda es perpetua, según (Vidal, 2010) se calcula de Variación de la Demanda, descrita en la ecuación (1):

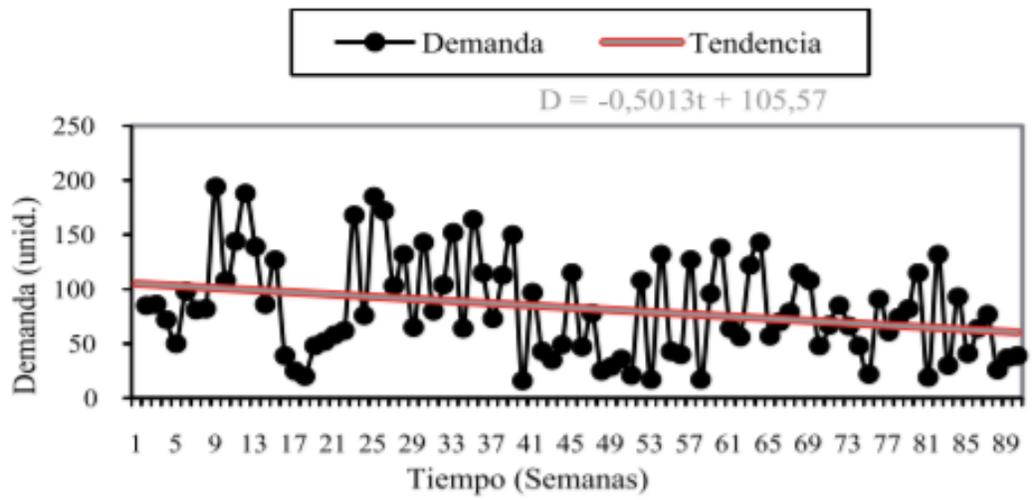
$$C.V. \text{ de la demanda} = \frac{\text{Desviacion estandar de la demanda}}{\text{Demanda Promedio}} \quad (1)$$

Si el CV es menor que 1 se considera Demanda Perpetua o Estacionaria.



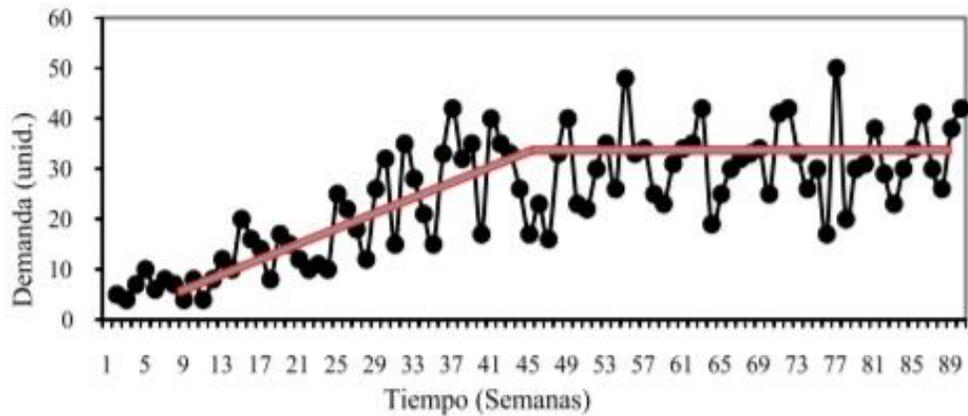
**Figura 26. Demanda con tendencia creciente**

Fuente: (Vidal, 2010)



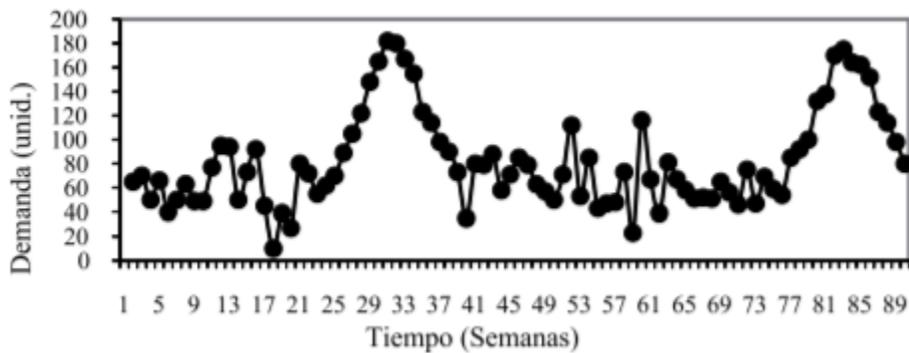
**Figura 27. Demanda con tendencia decreciente**

Fuente: (Vidal, 2010)



**Figura 28. Demanda creciente y luego uniforme o perpetua**

Fuente: (Vidal, 2010)



**Figura 29. Combinación de demanda uniforme con estacional o periódica**

Fuente: (Vidal, 2010)

La demanda periódica es aquella donde se pueden detectar picos en diferentes periodos del año, usualmente se relaciona con estaciones del año, también es conocida como demanda estacional.

Como referencia, el sistema de pronósticos a elegir depende en buena parte del patrón de demanda observado a través de datos históricos.

En la siguiente tabla se resume las relaciones más comunes entre el sistema de pronósticos y el patrón observado de demanda

**Tabla 4. Técnicas de pronóstico y el patrón de demanda observado**

<b>Patrón de la demanda observado</b>	<b>Técnica de pronóstico recomendado</b>
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winter
Demandas altamente correlacionadas	Métodos Integrados de promedios móviles autorregresivos (ARIMA)
Errática	Método de Croston

Fuente: (Vidal, 2010)

### 2.2.2.3 PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA

Según Martín (2017), el pronóstico de la demanda debe ser capaz de responder a las preguntas fundamentales: qué, quién, cuándo y cuánto; para lo cual es necesario contar con tres dimensiones fundamentales que mencionamos a continuación. (Martin, 2017)

**a) El producto**

El análisis del portafolio de productos de una empresa es necesario para obtener información sobre los distintos factores de demanda. Así también lo es para predecir las futuras ventas de los productos, tales como: ciclo de vida, comportamiento de la demanda (estacionalidad, ciclos, etc.), estrategia de inventarios, etc.

**b) El cliente**

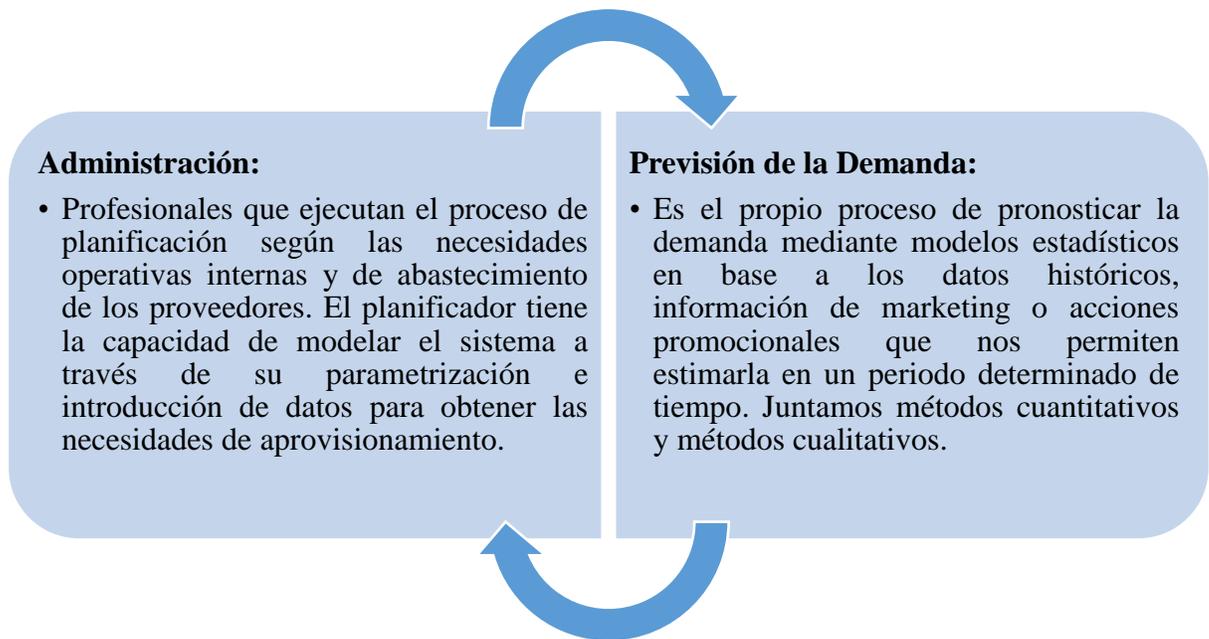
El análisis de la base de clientes en una empresa es necesario para obtener información sobre diferentes patrones de demanda y para predecir las ventas futuras de sus productos. Toda empresa debe poder responder a las preguntas: ¿quiénes son nuestros clientes y donde se ubican?

¿qué tan leales son nuestros clientes? ¿cómo son sus patrones de consumo?

c) El horizonte de tiempo

El horizonte de predicción determina el número de periodos que necesitan ser pronosticados y dependen de la interacción y madurez de otros procesos de planificación. Este horizonte dependerá del comportamiento de la demanda, de la estabilidad o volatilidad del mercado, y de la flexibilidad o capacidad de respuesta que tenga la organización frente a cambios en la demanda.

Una vez definidos las dimensiones de la planificación de la demanda podemos decir que esta puede quedar insertada en otro proceso aún mayor que denominamos Planificación de Ventas y Operaciones (ver sección 2.1.4.2). Dentro de esta hay tres aspectos importantes: la tecnología, la cual será revisada más adelante en la sección 2.2.4.1, y la administración y previsión de la demanda que se describen en la Fig. 30.



**Figura 30. Administración y previsión de la demanda**

Fuente: Elaboración propia

En la sección 2.2.3 se hará más énfasis sobre el proceso de pronóstico de la demanda, pero

se puede introducir el tema mencionando. El pronóstico de la demanda identifica necesidades futuras de todos los recursos que necesita la empresa para mantener la misión y los objetivos de la organización. Diferentes variables afectan el análisis de la demanda. Debido a la gran cantidad de factores que influyen en ella, esta es a menudo más difícil de predecir que la oferta. (Lunenburg, 2012)

:

### **Factores que se consideran para el pronóstico de la demanda**

- Descripción del entorno, incluyendo las presiones económicas, legislativas y competitivas.
- Futuras metas y planes estratégicos de la organización
- Demanda esperada de productos o servicios, incluyendo ventas esperadas en toda la organización o por unidad de negocio.
- Medidas de productividad estimadas de la fuerza de trabajo (puede ser estable, con aumento o con disminución)
- Diseño organizacional o diseño de trabajo, incluyendo los avances tecnológicos y los cambios administrativos.
- Presupuestos proyectados o la disponibilidad de recursos financieros.
- Nuevos productos/procesos/unidades de negocio que la organización pondrá en marcha en el futuro.
- Disponibilidad de materias primas para la elaboración del producto o servicio.

**Figura 31. Factores para considerar en la demanda**

Fuente: (Lunenburg, 2012)

#### 2.2.2.4 ÁREA QUE SE AFECTAN DIRECTAMENTE LA PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA.

Los datos obtenidos a través de los años son utilizados para realizar las estadísticas. Es con ellos que se podrá pronosticar la demanda y realizar un plan a seguir. A una mejor planificación un mejor logro de resultados y beneficios.

a) Compras

En este proceso se determinan las cantidades y costos de los materiales para realizar la producción. La rotación del inventario y la frecuencia con que se realiza el proceso estará relacionado y deberá coincidir con la salida de este entre dos periodos planificados.

b) Almacén:

Clave esencial es la organización en el almacén. Se debe administrar las entradas y salidas de productos junto con su fecha, hora, código y otros detalles.

c) Inventario

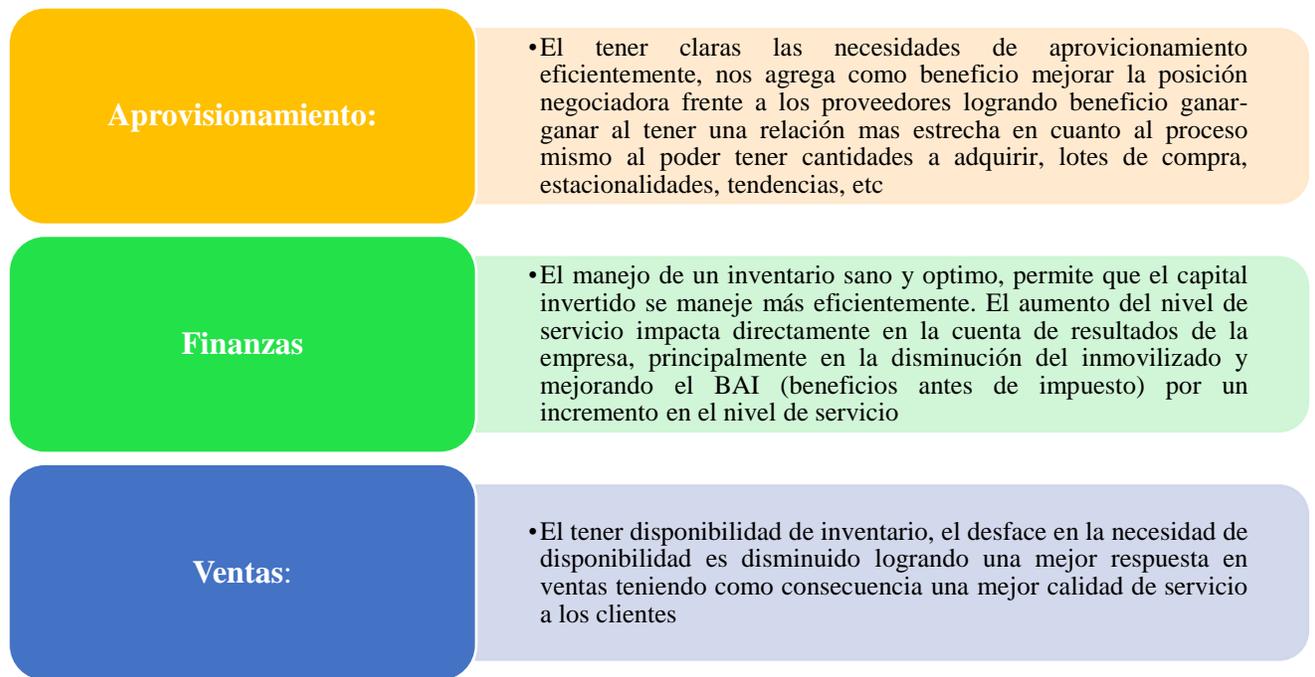
Las compras para realizar anticipadamente nos permiten tener una mejor proyección del inventario futuro. El inventario promedio podría manejarse para una cobertura entre tres y cuatro meses de ventas a precio de costo.

d) Tecnología

La necesidad informática principal de una empresa es un software de planificación. Con él se realizarán proyecciones y pronósticos para las demandas y otras variables que la empresa considere de importancias. Según la tecnología del software adquirido, tendrán una gama más amplia de acciones a poder realizar, como lo es la creación de escenarios. Es importante recalcar que el software se alimenta de los datos acumulados anuales de la empresa.

e) Interesados

Toda la empresa es beneficiada por la planificación, pero hay departamentos en específico que obtienen impactos directos.



**Figura 32. Departamentos afectados directamente por la planeación**

Fuente: Adaptado

### 2.2.3 PRONÓSTICO

El pronóstico se define como la evaluación y suposición de la futura demanda de un producto o servicio. Para ello se hace uso de datos históricos, suposiciones, estimaciones y cualquier tipo de información que sea útil para obtener la cifra más real posible.

Tener el conocimiento de la demanda futura ayuda a la empresa a prepararse. Planifican con antelación las estrategias y es un mecanismo importante a la hora de toma de decisiones. Así mismo, ayuda a optimizar los recursos, ya que los mismos se pueden controlar al pronosticar la situación de la demanda: alta o baja. (Hanke & Wichern, 2006).

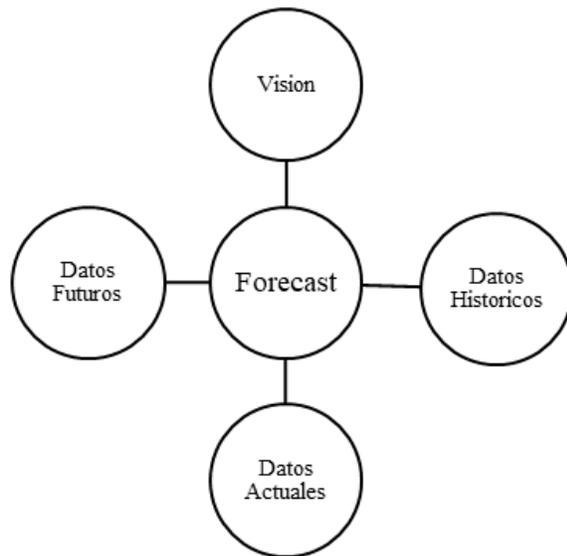
#### 2.2.3.1 COMPONENTES DE UN PRONÓSTICO DE DEMANDA

El pronóstico de la demanda está compuesto por cuatro elementos principales (Frausto, 2009):

**Tabla 5. Elementos principales del pronóstico de la demanda**

La visión	Datos históricos	Datos actuales	Datos futuros
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es la parte estratégica de la empresa para analizar los datos y poder optimizar su gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El análisis de los resultados anteriores da un panorama para el comportamiento del futuro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La información actual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El que se determinará por medio de los análisis de los datos pasados y los actuales buscando optimizarla de acuerdo con sus necesidades.</li> </ul>

Fuente: (Frausto, 2009)



**Figura 33. Componentes del pronóstico de la demanda**

Fuente: (Frausto, 2009)

### 2.2.3.2 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Debido a que el éxito empresarial en gran medida depende de lo que se haga o deje de

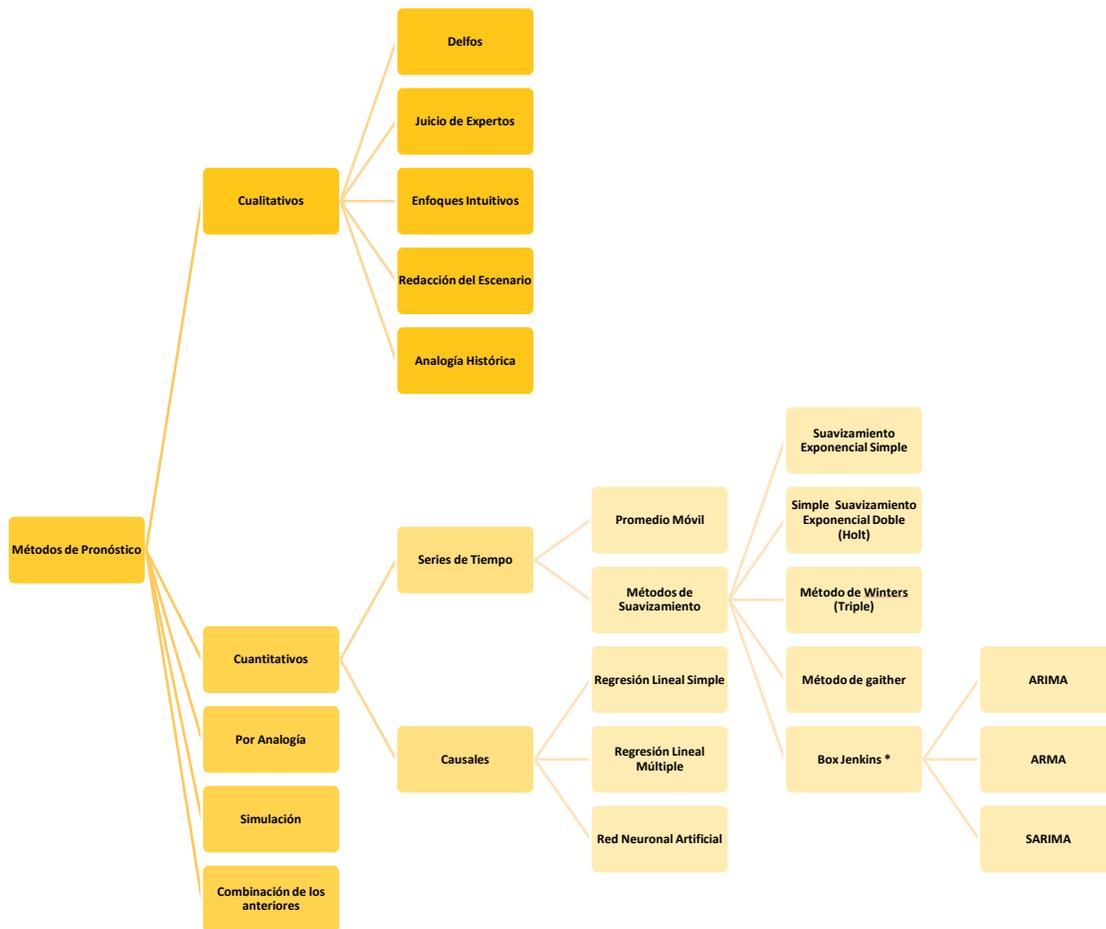
hacer, la toma de decisiones ha sido una actividad en el mundo de las organizaciones desde el inicio de su historia. En un principio la intuición y el buen juicio eran las únicas alternativas de las que echaba mano el administrador para decidir el rumbo de la empresa. Fue la llegada de la computadora, lo que dio lugar a una nueva forma de tomar decisiones, esta innovación tecnológica ha proveído de numerosas técnicas matemáticas (programación lineal, análisis de regresión y series de tiempo) que son una herramienta útil y complementaria a la intuición y juicio en el proceso de toma de decisiones.

Con frecuencia, la necesidad de tomar decisiones parece ser la única constante de la acción administrativa, pues el entorno, el individuo y la organización cambian constantemente, es por ello que es indispensable que el administrador moderno se apoye de los métodos cuantitativos necesarios para anticipar o pronosticar los posibles futuros escenarios y así mejorar la calidad de sus decisiones.

#### 2.2.3.3. NATURALEZA DE LOS SISTEMAS DE PRONÓSTICO

Un aspecto importante es reconocer que los pronósticos de demanda siempre están errados, puesto que cuando se pronostica se está anticipando al futuro y son múltiples los factores que interfieren en este pronóstico. Por tanto, la clave está en conocer y cuantificar los errores del pronóstico, más que encontrar el valor exacto de las ventas, y responder de forma adecuado con inventarios de seguridad.

Un pronóstico de demanda se puede realizar bajo los siguientes métodos, ver Fig. 34.



**Figura 34. Métodos para realizar un pronóstico de demanda**

Fuente: Adaptado de (Burgaentzle, 2016) y (Vidal, 2010)

a) Cualitativos

Son fundamentalmente subjetivos y se utilizan ante la carencia de datos históricos. Son basados prácticamente en la experiencia del analista. Pueden ser muy importantes para el caso de pronósticos de demanda de ítems nuevos 5-24.

b) Series de Tiempo

Son métodos cuantitativos estadísticos basados en datos históricos de demanda. Son fundamentales para cualquier sistema de pronósticos que se elija. En este tipo de pronósticos se asume que el comportamiento de la demanda va a ser aproximadamente igual al que se

venía presentando en el tiempo, reflejado en los datos históricos disponibles.

c) Causales

Son métodos que asumen alta correlación entre los pronósticos de demanda y ciertos factores externos, como, por ejemplo, la economía de un país, el crecimiento de la población, la demanda de otros productos que influyen la del que se está analizando, entre otros posibles.

d) Por analogía

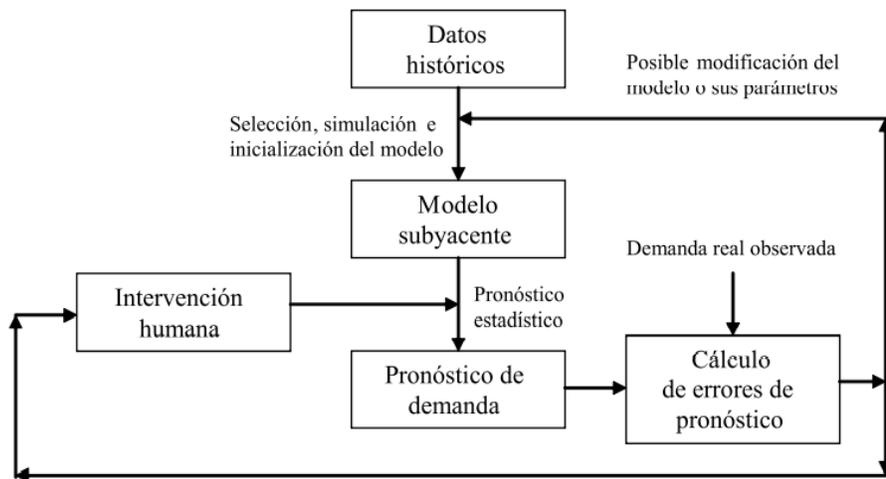
Estos métodos se basan en la observación de hechos pasados similares al que se quiere pronosticar. Por ejemplo, cuando se trata de pronosticar la demanda de una promoción de un producto, se analiza lo que pasó en promociones anteriores semejantes.

e) Simulación

Son métodos que generalmente combinan estrategias de series de tiempo con pronósticos causales. En estos métodos se trata de simular el comportamiento de los clientes para inferir los niveles de demanda futuros.

f) Combinación de los anteriores

Tienen un gran potencial y suelen ser los más efectivos en la mayoría de los casos. Obsérvese dentro de este contexto la importancia de la medición y utilización de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado.

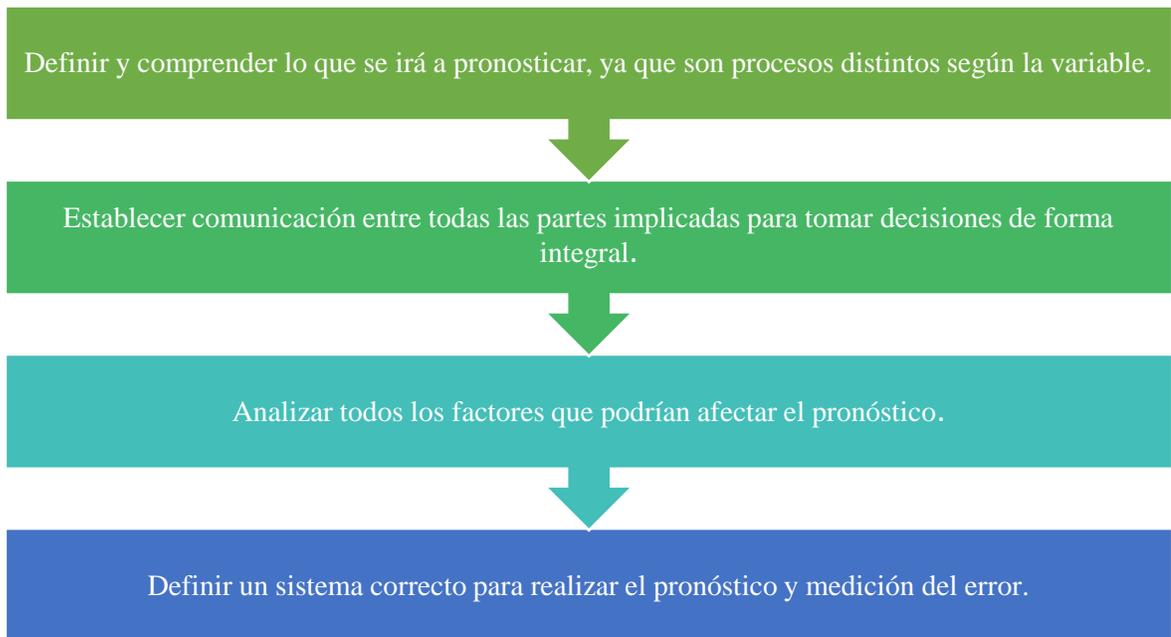


**Figura 35. Ambiente común de un sistema de pronóstico**

Fuente: Adaptada de Silver & Pyke (1998).

#### 2.2.3.4 PASOS PARA REALIZAR UN PRONÓSTICO

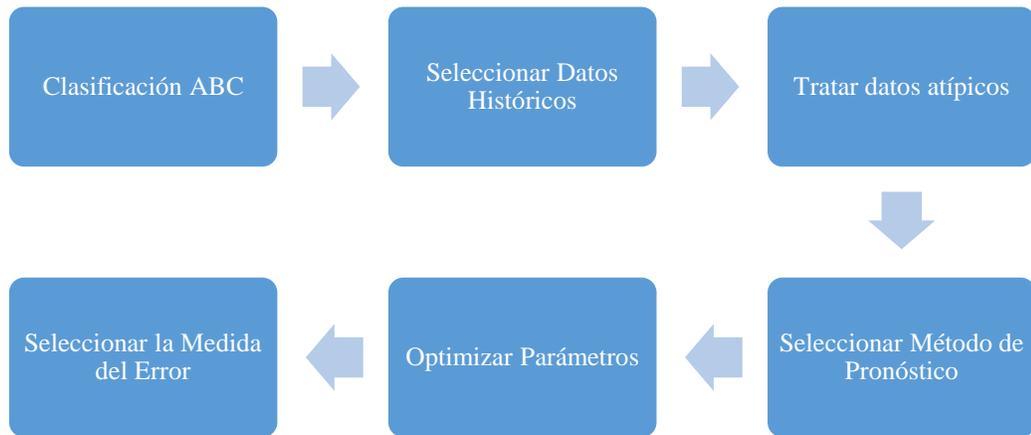
Previo a detallar más los métodos de pronóstico es importante mencionar los pasos para elaboración de un pronóstico.



**Figura 36. Pasos para la elaboración de un pronóstico**

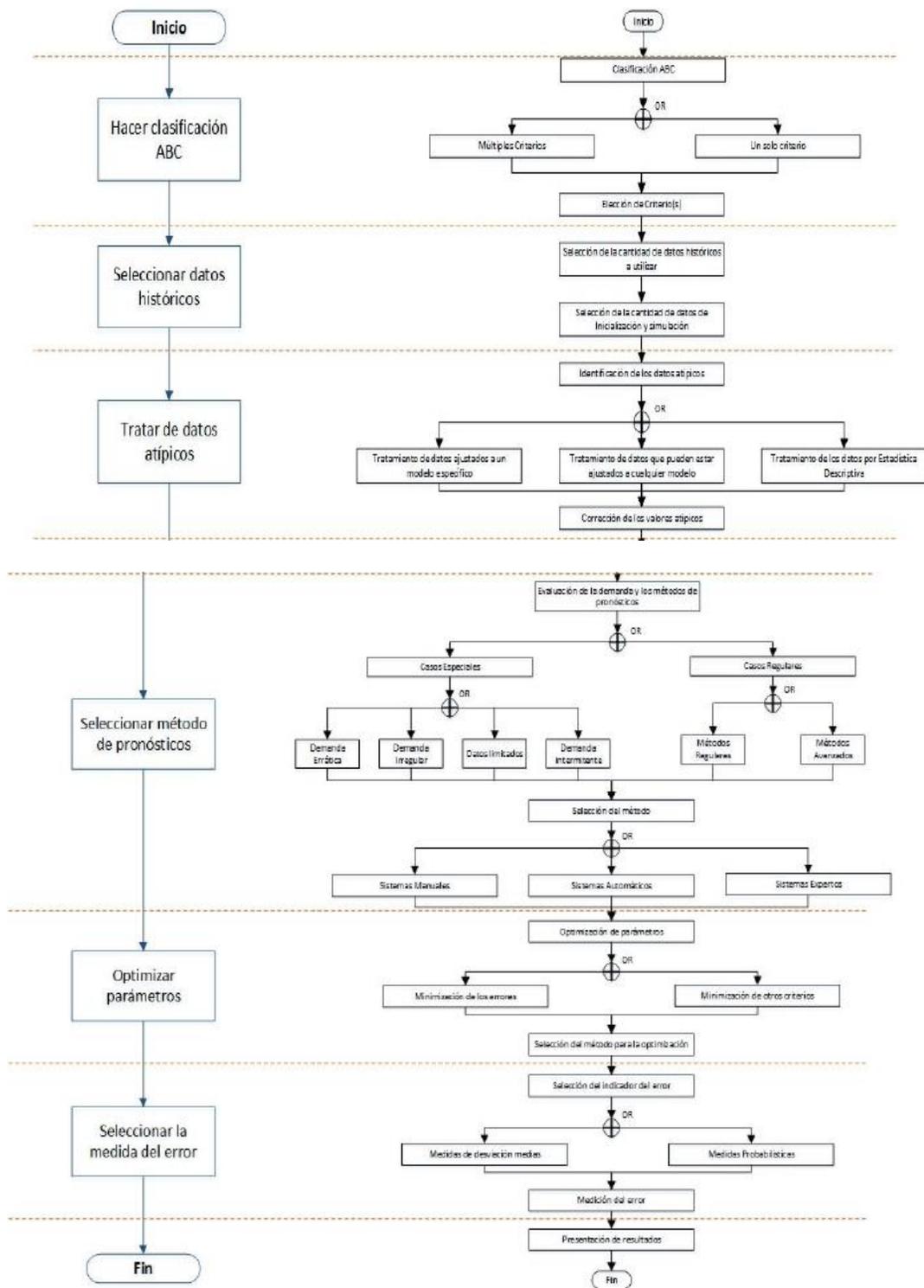
Fuente: Elaboración Propia

Existen estudios previos de estudio, diseño y elaboración de una herramienta de pronósticos para productos de consumo masivo para la empresa XYZ, el cual sugiere el procedimiento jerárquico para la elaboración de un pronóstico, resumida en la Fig. 37.



**Figura 37. Procedimiento jerárquico de elaboración de un pronóstico**

Fuente: (Vidal, 2010)



**Figura 38. Explicación del procedimiento jerárquico de elaboración de un pronóstico**

Fuente: (Vidal, 2010)

#### 2.2.3.5. EL SISTEMA DE PRONÓSTICOS Y LA CLASIFICACIÓN ABC

La clasificación ABC de ítems es una herramienta de gestión muy poderosa para la administración de los inventarios.

Los ítems clase A deben ser examinados continua y rutinariamente por los administradores, en conjunto con técnicas relativamente complejas de pronósticos.

Los ítems clase B pueden ser manejados de manera automática, con técnicas adecuadas de pronósticos, en general, no tan complejas como las aplicables a ítems clase A, y con la intervención humana solamente en casos de excepción.

Para ítems clase C se pueden utilizar las técnicas simples de pronósticos, e, incluso, se recomienda en ocasiones que no sean pronosticados. Pero se deber ser cuidadosos con estos ítems ya que, aunque representan una fracción baja del porcentaje de las ventas, pueden ocasionar problemas de manejo, control y gestión de inventarios centros de distribución.

Para ítems nuevos, debe diferenciarse el estado de desarrollo en el cual se encuentran dentro de su ciclo de vida. Específicamente, si se encuentran en su fase de crecimiento o en su fase de declive, se deben utilizar técnicas de pronósticos que respondan a estos cambios, como la suavización exponencial doble o el promedio móvil progresivo con un valor bajo de N, método descrito posteriormente. En contraste, si el ítem nuevo ya se encuentra en su etapa de equilibrio, La tabla 6 presenta las características del manejo de ítems clase A, B y C de manera general porque son sugerencias.

#### **Tabla 6. Características del manejo de ítems clase A, B y C**

Características	Políticas de control	Métodos de control
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ítems clase A</b> (los más importantes)</li> <li>• Relativamente pocos ítems</li> <li>• El mayor porcentaje del volumen de ventas (en \$)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control estricto con supervisión personal</li> <li>• Comunicación directa con la administración y los proveedores</li> <li>• Aproximación a <i>JIT</i> e inventario balanceado</li> <li>• Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo frecuente o continuo</li> <li>• Registros precisos</li> <li>• Pronósticos con suavización exponencial doble</li> <li>• Políticas basadas en el nivel de servicio al cliente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ítems clase B</b></li> <li>• Ítems importantes</li> <li>• Volumen de ventas (en \$) considerable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control clásico de inventarios</li> <li>• Administración por excepción</li> <li>• Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control computarizado clásico</li> <li>• Pronósticos con suavización exponencial simple</li> <li>• Reporte por excepciones</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ítems clase C</b></li> <li>• Muchos ítems</li> <li>• Bajo volumen de ventas (en \$), pocos movimientos o ítems de muy bajo valor unitario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisión mínima</li> <li>• Pedidos bajo orden</li> <li>• Tamaños de orden grandes</li> <li>• Políticas de cero o de alto inventario de seguridad</li> <li>• Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control simple</li> <li>• Promedio móvil (aceptar el pronóstico)</li> <li>• Evitar agotados y exceso de inventario</li> <li>• Larga frecuencia de órdenes</li> <li>• Sistema automático</li> </ul>

Fuente: (Wild 1997)

#### 2.2.3.6. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS Y PATRONES DE DEMANDA

El análisis de los datos históricos de demanda es fundamental para la correcta selección del método de pronósticos. Existen muy diversos patrones de demanda, En ellas se han representado los datos de demanda contra tiempo y se ha dibujado la tendencia de la demanda mediante regresión lineal simple. Es importante, para el diseño de cualquier sistema de pronósticos, construir los gráficos que representan los datos históricos de demanda, ya que su sola observación permite hacerse a una idea de cuál método puede ser el que más se adecue a las necesidades.

#### 2.2.3.7 TRATAMIENTO DE DATOS ATÍPICOS

Las observaciones de las series de tiempo generalmente contienen valores atípicos los cuales puede ser causados por errores, promociones o cambios en el sistema.

Los valores atípicos pueden afectar en buena medida la estimación de los pronósticos, entre otras estimaciones que deseen realizar con base en la serie de tiempo.

Por ello es importante elegir métodos confiables para detectar los atípicos en la práctica. (Cai & Davies, 2003).

En muchas de las investigaciones centradas en la detección de datos atípicos, tanto aditivos como innovadores, se ajustan a modelos que se han estimado de las series de datos. Muchas de estas investigaciones son bastante antiguas, sin embargo, entre las más recientes propuestas de métodos ajustados a los diferentes modelos se encuentran (Bruce & Martin, 1989) quienes proponen un modelo para diagnosticar los datos atípicos para los modelos ARIMA específicamente; (Atkinson & Riani, 1997) que presentan un procedimiento para buscarlos a través de datos multivariados, identificándolos en observaciones que se ajustan a un modelo determinado.

#### 2.2.3.8 SELECCIONAR MÉTODO DE PRONÓSTICO

El desarrollo de un pronóstico sigue un proceso jerárquico como vimos en la Fig. 37 y Fig. 38 arriba. Para comenzar, se hace una clasificación ABC y se eligen el o los criterios. Seguidamente, se seleccionan los datos que deben ser facilitados por la empresa y se analizan cuales serán utilizados para las simulaciones. Al seleccionarlos, se identifican los datos atípicos bajo tres tratamientos de datos: si son ajustados a un modelo específico, si pueden ser ajustados a cualquier modelo o por estadística descriptiva. Sin importar el tratamiento, el fin es corregir estos valores atípicos.

Se evalúan la demanda y los métodos de pronósticos a utilizar. Se puede tener un caso especial o un caso regular. Dentro de los casos especiales se encuentran: demanda errática,

demanda irregular, demanda intermitente y datos limitados. Por el otro lado, los casos regulares son dos, métodos regulares o avanzados. Posteriormente se selecciona el método, el cual puede ser un sistema manual, automático o experto.

Al momento de optimizar los parámetros, define si se minimizarán los errores u otros criterios para escoger el método de optimización adecuado. Seguidamente, con la selección del indicador del error se escoge entre medidas de desviación medias o medidas probabilísticas para pasar a la medición del error.

Al tener todos los datos, se pasa a presentar los resultados.

#### 2.2.3.9 MÉTODOS CUALITATIVOS

De manera general, los pronósticos cualitativos son generados a partir de información poco relevante, o que carece de una estructura analítica definida. En este sentido, se recurre a este tipo de pronósticos cuando, se habla de un producto nuevo para el mercado. De acuerdo con (Chapman, 2006), las siguientes con las características más relevantes de este tipo de pronóstico:

1. Sus resultados se basan en información de juicio personal
2. Tiene una marcada tendencia a ser subjetivo, ya que basa en la experiencia de terceros influenciado de manera positiva o negativa por posiciones de terceros.
3. Tiene como ventaja que genera resultados rápidos.
4. En casos especiales, los pronósticos de esta clase pueden ser el único método disponible.
5. Son comúnmente usados para productos individuales o familias de productos, más no en mercados completos.

#### 2.2.3.9.1 DELFOS

La elaboración de pronósticos en esta técnica se logra a partir de un consenso en grupo, en donde un panel de expertos es consultado de manera independiente para dar respuesta a varios cuestionarios. Los cuales son elaborados de manera consecutiva y el diseño de cada uno depende de la tabulación del anterior. Posteriormente, se pide a cada uno de los panelistas que considere una revisión de sus respuestas en relación con la información general del grupo. (Botero & Alvarez, 2013) .

La ventaja de este método es que al evitar relaciones directas entre los miembros del panel no se presencian conflictos personales, en relación con su uso, este método resulta ideal para la elaboración de pronósticos de ventas a largo plazo. (Schroeder et al., 2011).

#### 2.2.3.9.2 JUICIO DE EXPERTOS

Como su nombre lo indica, este método se basa en el juicio de uno o varios expertos. En el proceso de su desarrollo, cada participante hace una serie de consideraciones de los factores que posiblemente pueden influir en el pronóstico que se está realizando y, posteriormente, realizan un consenso de sus conclusiones dando como resultado el pronóstico. No existe un modelo formal para su desarrollo. (Anderson et al, 2008)

#### 2.2.3.9.3 ENFOQUES INTUITIVOS

En este método es de gran importancia la capacidad de procesamiento de la información de las personas que participan, puesto que se trabaja con información que resulta difícilmente cuantificable. generalmente se desarrolla en grupo en donde los participantes realizan una

lluvia de ideas (Anderson et al, 2008).

#### 2.2.3.9.4 REDACCIÓN DEL ESCENARIO

Este método consiste en la elaboración de un escenario conceptual de futuro teniendo en cuenta un conjunto de suposiciones muy bien definidas, es este sentido, este método resulta poco viable puesto que cada grupo de suposiciones pueden conducir a escenarios muy diferentes, por lo tanto, la persona encargada debe contar con un juicio muy razonable para determinar la probabilidad de la presentación de cada escenario antes de llevar a cabo cualquier toma de decisión (Anderson et al, 2008).

#### 2.2.3.9.5 ANALOGÍA HISTÓRICA

En este método se usan datos históricos de ventas del producto o de otros similares (en caso de ser un producto nuevo) para su proyección a futuro. (Romero & Romero, 2010). Este método se basa en la similitud que pudiere existir entre la variable que se desea pronosticar y el patrón de demanda esperado. Su uso se recomienda especialmente para aquellos productos que son nuevos en la empresa pero que no son nuevos en el mercado, El procedimiento para el desarrollo de esta técnica de pronóstico es el uso de los datos de la demanda de un producto similar, en base a dicha información y se define un porcentaje de participación en el mercado entendiendo que resulta muy difícil que el nuevo producto para el cual se está realizando el pronóstico llegare a abarcar la totalidad de la demanda, de esta forma, se obtiene el pronóstico de la demanda de un nuevo producto. (Correa, 2011)

### 2.2.3.10. MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA REALIZAR PRONÓSTICOS.

El análisis de los datos históricos de demanda es fundamental para la correcta selección de la técnica de pronósticos. Es muy importante para el diseño de cualquier sistema de pronósticos construir los gráficos que representan los datos históricos de demanda, ya que su sola observación permite hacerse a una idea de cuál técnica puede ser el más adecuada. Así, existe una técnica de pronósticos apropiado para cada patrón de demanda, el cual debe experimentarse y evaluarse con la utilización de datos históricos.

#### 2.2.3.10.1 PROMEDIO MÓVIL

Esta técnica es de las más simples, pero no menos útil. A través de él se ilustran varios aspectos que son comunes a cualquier método para pronosticar. El promedio móvil es adecuado para patrones de demanda estables o perpetuos, con poca o ninguna tendencia. El modelo subyacente para este tipo de procesos es la siguiente ecuación 3:

$$x_t = b + \varepsilon_t \quad (2)$$

donde:

$x_t$  = valor real u observado de la demanda en el periodo

$b$  = constante que representa el proceso de demanda uniforme

$\varepsilon_t$  = variable aleatoria normal con media cero y varianza desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

Lo que se trata de estimar en este caso es el parámetro  $b$ . Aunque la parte aleatoria de la demanda no puede estimarse, se responde a ella definiendo inventarios de seguridad adecuados.

El método de promedio móvil estima el valor de  $b$  por medio del cálculo del promedio de las últimas  $n$  observaciones, mediante la estadística  $M_t$  ecuación 3, definida como:

$$M_t = \frac{x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-n+1}}{n} \quad (3)$$

El subíndice  $t$  representa el período actual, a partir del cual se calcula el promedio, devolviéndose  $n$  períodos, o sea hasta el período  $t-n+1$ . Esta expresión no es más que el promedio simple de las últimas  $n$  observaciones de demanda, donde  $x_t$  es la más reciente demanda conocida.

#### 2.2.3.10.2 SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE

Al observar la ecuación anterior se concluye que el promedio móvil le da el mismo peso de  $1/n$  a cada una de las últimas  $n$  demandas observadas. Esta característica es una desventaja del promedio móvil en aquellos casos en los cuales se debe reaccionar rápidamente a un cambio en el patrón de demanda o, análogamente, cuando es importante la estabilidad del sistema de pronósticos. El método de suavización exponencial simple trata de corregir esta situación.

La idea es estimar el parámetro  $b$  para posteriormente definir un inventario de seguridad adecuado que responda a las variaciones aleatorias representadas por el término  $\varepsilon_t$ , ya que esta parte no se puede pronosticar. La ecuación básica de la suavización exponencial aplica un peso  $\alpha$  a la última observación de demanda y un peso  $(1-\alpha)$  al pronóstico anterior, mediante el siguiente operador en la ecuación 4:

$$S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1} \quad (4)$$

donde:  $S_t$  = Pronóstico realizado al final del periodo  $t$ , o sea la estimación del parámetro  $b$  al final del periodo  $t$

$S_{t-1}$  = Pronóstico anterior, es decir, la estimación del parámetro  $b$  realizada al final del periodo

$t-1$   $x_t$  = Demanda real observada al final del periodo actual  $t$

$\alpha$  = Constante de suavización La estadística

$S_t$  puede interpretarse como un promedio ponderado de las observaciones anteriores.

### 2.2.3.10.3 SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE

El sistema de pronósticos de suavización exponencial doble tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda, ya que el modelo subyacente que considera es la ecuación 5:

$$x_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t \quad (5)$$

donde:

$x_t$  = Valor real u observación de la demanda en el período  $t$

$b_1$  = Una constante que representa la componente constante de la demanda

$b_2$  = Una constante que representa la componente de tendencia de la demanda

$\varepsilon_t$  = variable aleatoria normal con media cero y varianza desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

Ahora se trata de estimar los dos parámetros  $b_1$  y  $b_2$  para así poder pronosticar demandas futuras, ya que éstas presentan la componente constante, determinada por  $b_1$  y la componente de

tendencia, determinada por  $b_2$ . La primera ecuación que rige la suavización exponencial doble la vemos en la ecuación 6:

$$S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1} \quad (6)$$

Si  $S_t$  se aplicara al modelo subyacente  $x_t = b_1 + b_2t + \varepsilon_t$ , entonces no sería un estimador insesgado de  $x_t$ , ya que su valor esperado es diferente del de la demanda. Para resolver este problema, se aplica de nuevo el operador  $S_t$  a la  $S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}$ , tomándose un nuevo operador la ecuación 7:

$$S_t^{[2]} = \alpha S_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{[2]} \quad (7)$$

Esta ecuación significa que se aplica de nuevo el operador al resultado de la suavización simple, utilizando la misma constante de suavización  $\alpha$ . De aquí proviene el nombre de suavización “doble”. Este nuevo operador se bautiza con el nombre de  $S_t [2]$  para indicar que se está realizando el mismo proceso por segunda vez.

Para efectos de pronósticos  $\tau$  períodos adelante, basados en el período  $t$ , una ecuación razonable sería la siguiente ecuación 8:

$$\hat{x}_{t+\tau}(t) = \hat{x}_t + \tau \hat{b}_2(t) \quad (8)$$

Reemplazando las ecuaciones en la numero 9:

$$\hat{b}_2(t) = \frac{\alpha}{\beta} [S_t - S_t^{[2]}]$$

$$\hat{x}_t = 2S_t - S_t^{[2]} \quad (9)$$

en esta expresión, se llega finalmente al siguiente resultado en la ecuación 10:

$$\hat{x}_{t+r}(t) = \left( 2 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha} \right) S_t - \left( 1 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha} \right) S_t^{[2]} \quad (10)$$

Esta ecuación se utiliza en suavización exponencial doble para calcular el pronóstico de demanda  $\tau$  períodos adelante, basado en los valores  $S_t$  y  $S_t^{[2]}$  correspondientes al actual período  $t$ .

Modelos periódicos de Winter. Existen muchos productos para los cuales se presenta demanda estacional o por temporadas, como, por ejemplo, adornos de Navidad, juguetes, cuadernos, flores, atún, natilla, buñuelos, entre otros. La demanda de este tipo de productos se caracteriza por presentar picos en ciertos períodos de tiempo conocidos y demanda aproximadamente uniforme en los demás períodos.

El modelo más comúnmente utilizado en demanda estacional es el modelo multiplicativo de Winters, cuyo modelo subyacente se caracteriza mediante la ecuación 11:

$$x_t = (b_1 + b_2 t) c_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

donde  $b_1$ ,  $b_2$  y  $\varepsilon_t$  representan una constante, la tendencia y la variación aleatoria, respectivamente, tal como se ha definido para los modelos anteriores, y  $c_t$  es un factor estacional multiplicativo. Este modelo es aplicable en patrones de demanda estacional cuya amplitud puede depender del nivel de la serie, o sea del tiempo. Es posible que el valor de  $b_2$  sea cercano a cero,

y por lo tanto se tenga un patrón de demanda estacional sin tendencia, pero posiblemente con amplitud variable con el tiempo.

La longitud del período estacional es de  $L$  períodos y los factores estacionales  $c_t$  están definidos en la ecuación 12:

$$\sum_{t=1}^L c_t = L \quad (12)$$

Se denota el nivel del proceso actual sin considerar la componente estacional, usualmente denominada la componente permanente, en la ecuación 13:

$$a_1(t) = b_1 + b_2 t \quad (13)$$

y su correspondiente estimación como  $\hat{a}_1(t)$ . Igualmente, las estimaciones de la pendiente y del factor estacional al final de cualquier período  $t$  se denotan como  $\hat{b}_2(t)$  y  $\hat{c}_t(t)$ , respectivamente.

La actualización de los parámetros del modelo y de los pronósticos se realiza como sigue. Al final del período  $t$ , después de observar la demanda real  $x_t$ , se realizan los siguientes cálculos. Primero, se revisa la estimación de la componente permanente en la ecuación 14:

$$\hat{a}_1(t) = \alpha \frac{x_t}{\hat{c}_t(t-L)} + (1-\alpha)[\hat{a}_1(t-1) + \hat{b}_2(t-1)] \quad (14)$$

donde  $\alpha$  es una primera constante de suavización. La división de la demanda  $x_t$  entre el factor  $\hat{c}_t(t-L)$ , el cual es la estimación del factor estacional para el período  $t$  calculada en la estación anterior (o sea hace  $L$  períodos), hace que los datos no incluyan la componente estacional, como es de esperarse para la estimación de la componente permanente. En otras palabras, esta

expresión desplaza el eje de coordenadas al final del período actual, t.

En otros términos, esto se conoce como la “desestacionalización” de la demanda. Segundo, se revisa la estimación de la tendencia (creciente o decreciente), a través de la ecuación 15:

$$\hat{b}_2(t) = \beta[\hat{a}_1(t) - \hat{a}_1(t - 1)] + (1 - \beta)\hat{b}_2(t - 1) \quad (15)$$

donde  $\beta$  es una segunda constante de suavización, independiente de  $\alpha$ . Es decir que en este caso no se cumple necesariamente que  $\beta = 1 - \alpha$ .

Tercero, se revisa la estimación del factor estacional para el período t en la ecuación 16:

$$\hat{c}_t(t) = Y \frac{x_t}{\hat{a}_1(t)} + (1 - \gamma)\hat{c}_t(t - L) \quad (16)$$

donde  $\gamma$  es una tercera constante de suavización independiente de  $\alpha$  y de  $\beta$ . Finalmente, para pronosticar la demanda en cualquier período futuro  $t + \tau$ , se utiliza la ecuación del pronóstico en la ecuación 17:

$$\hat{x}_{t+\tau}(t) = (\hat{a}_1(t) + \tau\hat{b}_2(t))\hat{c}_{t+\tau}(t + \tau - L) \quad (17)$$

Al igual que en los sistemas de pronósticos anteriores, este método requiere de valores de arranque del pronóstico para  $\hat{a}_1(0)$ ,  $\hat{b}_2(0)$  y  $\hat{c}_t(0)$ , para  $t = 1, 2, 3, \dots, L$ . Estas estimaciones pueden hacerse utilizando datos históricos de demanda.

#### 2.2.3.10.4 MÉTODO DE CROSTON

El control de inventarios de ítems de demanda errática y de ítems nuevos en el mercado es un problema muy complejo. A los ítems que presentan demanda errática se les puede aplicar los

sistemas de pronósticos de suavización exponencial simple y doble, pero su comportamiento no supera al de otros métodos que han sido diseñados especialmente para este tipo de demandas.

(Croston, 1972) propuso un método para pronosticar demandas erráticas, el cual ha demostrado ser hasta la fecha una muy buena alternativa. Esencialmente, el método de Croston divide los eventos de demanda intermitente en dos. Primero, se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el período siguiente, de acuerdo con las observaciones anteriores; equivalentemente, esto corresponde a estimar el número de períodos entre ocurrencias de demanda mayores que cero.

Seguidamente, se pronostica el posible tamaño de la demanda, de acuerdo con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero. Considérese la siguiente notación:

$x_t$  = Demanda observada en el periodo  $t$

$y_t$  = Variable binaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el periodo  $t$ ; igual a cero de lo contrario

$z_t = x_t \times y_t$  = Tamaño de la demanda ocurrida en el período  $t$

$n_t$  = Número de períodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero hasta el período  $t$

$\hat{n}_t$  = Valor estimado de  $n$  al final del período  $t$

$\hat{z}_t$  = Valor estimado de  $z$  al final del período  $t$

Con base en la anterior notación, al final de cada período  $t$  se verifica el valor de  $x_t =$ . Si  $x_t = > 0$ , o sea que ocurre cierta demanda positiva, entonces los estimadores se actualizan de acuerdo con la ecuación 18:

$$\begin{aligned}\hat{n}_t &= \alpha n_t + (1-\alpha)\hat{n}_{t-1} \\ \hat{z}_t &= \alpha x_t + (1-\alpha)\hat{z}_{t-1}\end{aligned}\tag{18}$$

donde  $\alpha$  es una constante de suavización (Croston sugiere que  $0.1 < \alpha < 1 < \alpha < 0.2$ )

Si  $x_t = 0$ , entonces no se actualiza ni el estimador del tamaño de la demanda ni el estimador de  $n$ , o sea que se deja  $\hat{n}_t = \hat{n}_{t-1}$  y  $\hat{z}_t = \hat{z}_{t-1}$ . El valor de  $n_t$  sí debe actualizarse en cada período, independientemente de si ocurre o no una demanda positiva, ya que esta variable cuenta el número de períodos desde la última demanda mayor que cero hasta el final del período actual.

Obsérvese que, si no ocurre demanda alguna, este contador se incrementa en 1; por el contrario, si ocurre una demanda positiva, este contador reinicia su valor en 1 (este contador no reinicia su valor en 0, puesto que el mínimo número de períodos entre demandas mayores que cero que puede ocurrir es 1, cuando ocurren dos demandas positivas consecutivas).

Finalmente, el pronóstico al final del período  $t$  para el período siguiente se calcula de acuerdo con la ecuación 19:

$$\hat{x}_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t}\tag{19}$$

#### 2.2.3.10.5 MODELO AUTORREGRESIVO INTEGRADO DE MEDIA MÓVIL

Los modelos Autorregresivos Integrados de Media Móvil (ARIMA) proporcionan otro método para la predicción de series de tiempo. Los modelos de suavización exponencial y los ARIMA son los dos enfoques más utilizados para la predicción de series de tiempo, y ofrecen enfoques complementarios para el problema. Mientras que los modelos de suavización exponencial se basan en una descripción de la tendencia y la estacionalidad de los datos, los modelos ARIMA tienen como objetivo describir las autocorrelaciones en los datos.

Primero se describirá el modelo Autorregresivo de Media Móvil (ARIMA), siguiendo la notación propuesta por (Box et al. (1994)). Se asumirá que la serie temporal de la demanda, si es estacionaria, puede ser representada por un modelo autorregresivo de media móvil ARMA (p, q), con p el número de los términos autorregresivos y q el número de términos móviles, expresado en la ecuación 20:

$$Z_t = \mu + \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + \phi_2(Z_{t-2} - \mu) + \dots + \phi_p(Z_{t-p} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (20)$$

donde  $Z_t$  es la demanda en el periodo t,  $\mu$  es el promedio del proceso y  $a_t$  es una serie de tiempo de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con valor esperado  $E(a_t) = 0$  y varianza  $V(a_t) = \sigma a^2$ . La serie de perturbaciones aleatorias (random shocks),  $a_t$ , también se le conoce como ruido blanco.

El modelo ARIMA asume que la serie de la demanda es una función lineal de la demanda pasada, con un ruido blanco pasado, más un término de error al que representa el ruido blanco del período actual. En pronósticos, el ruido blanco se estima como el error de pronóstico, que son la diferencia entre la demanda actual y el pronóstico del periodo anterior. Los modelos ARIMA pueden ser representados de manera más concreta que logre ser más fácil de manipular matemáticamente, utilizando un operador de desplazamiento hacia atrás (Backshift) que simplemente cambia el índice de tiempo.

B denotará el operador Backshift de la serie de tiempo en la ecuación 21:

$$BZ_t = Z_{t-1}; B^n Z_t = Z_{t-n} \quad (21)$$

La serie de tiempo estacionaria se puede escribir como lo vemos en la ecuación 22:

Donde en la ecuación 22:

$$\phi(B)(Z_t - \mu) = \theta(B)a_t \text{ Donde } \phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad \theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (22)$$

Si se supone que la serie temporal de la demanda no es estacionaria, puede ser modelada por la diferenciación para obtener una serie estacionaria.

será usado para denotar el operador de diferencia en la ecuación 23:

$$\nabla Z_t = (1 - B)Z_t \text{ y } \nabla^d Z_t = (1 - B)^d Z_t \quad (23)$$

Por lo tanto, la serie no estacionaria de la demanda  $Z_t$ , podrá ser representada por una serie Autorregresiva Integrada de Media Móvil o ARIMA (p, d, q), en la ecuación 24:

$$\phi(B)\nabla^d(Z_t) = \theta(B)a_t \quad \phi(B)(Z_t) = \theta(B)a_t \quad (24)$$

donde  $\phi(B) = \phi(B)\nabla^d$  que es un polinomio de orden p+d

La serie de tiempo  $Z_t$  también se puede representar como una función de transferencia lineal de la serie de ruido blanco en la ecuación 25, 26 y 27:

$$Z_t = \mu + \psi(B)a_t \quad (25)$$

donde

$$\psi(B) = 1 + \psi_1 B + \psi_2 B^2 + \dots \quad (26)$$

$$\psi(B) \text{ puede ser calculado como } \psi(B) = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} \quad (27)$$

#### 2.2.3.10.6 SERIE DE FOURIER

La serie de Fourier de una función periódica  $f(x)$  de período  $T$ , también conocida como señal, definida en un intervalo de longitud  $T$  está dada por la ecuación 28:

$$f(x) = a_0/2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega_0 x) + b_n \sin(n\omega_0 x)) \quad (28)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \text{ la frecuencia fundamental}$$

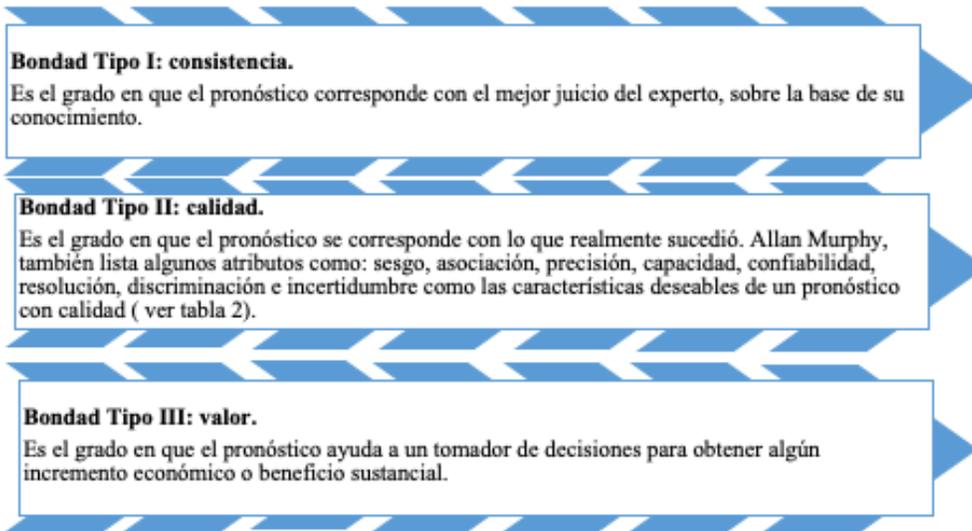
$$a_0 = \frac{1}{T/2} \int_T f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{T/2} \int_T f(x) \cos(n\omega_0 x) dx$$

$$b_n = \frac{1}{T/2} \int_T f(x) \sin(n\omega_0 x) dx$$

#### 2.2.3.11 CUALIDADES DE UN PRONÓSTICO

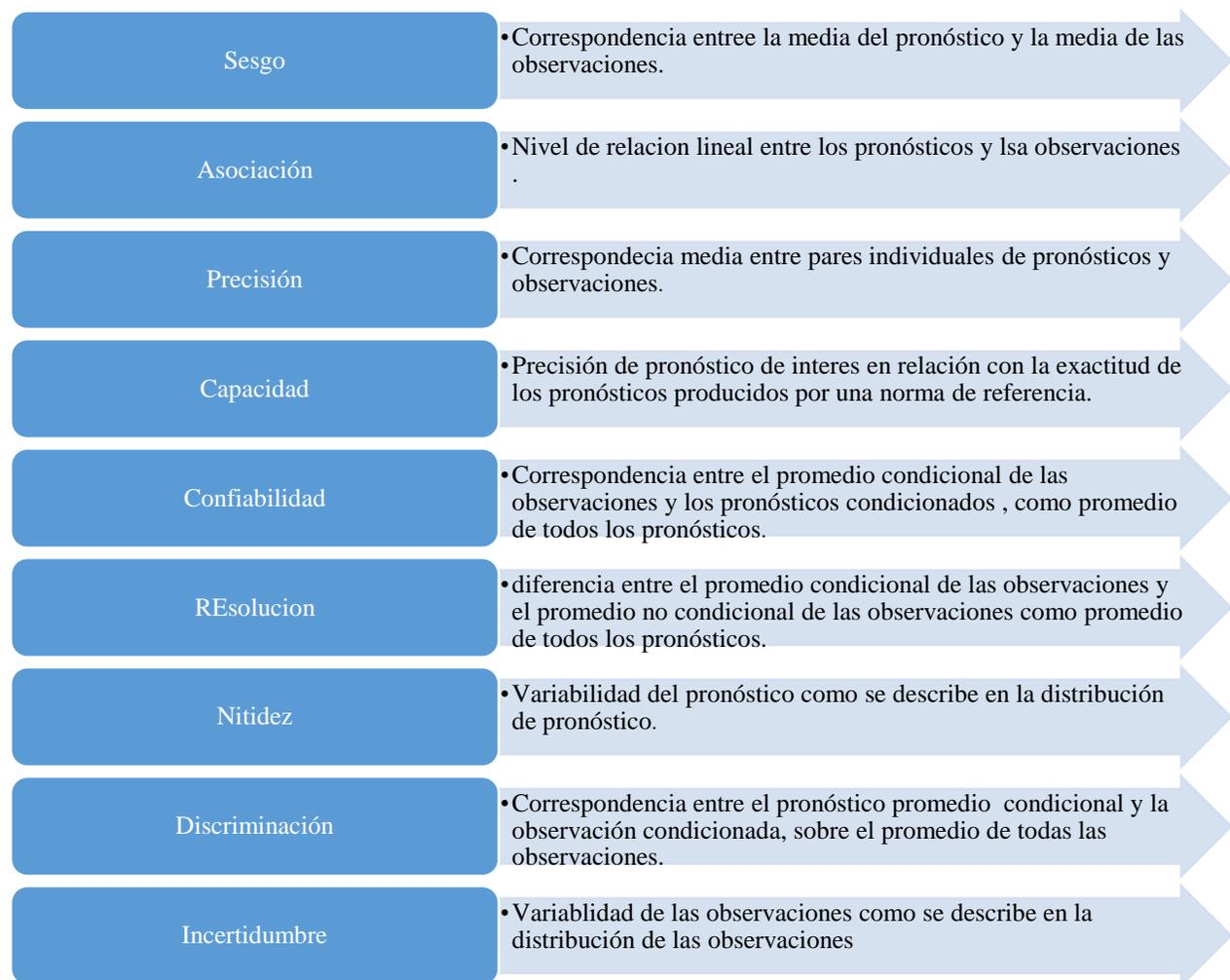
(Murphy 1993), publica su investigación que tiene como propósito principal describir los tres tipos de bondades que debe tener un pronóstico, para aclarar cuando un pronóstico es bueno o malo. Igualmente, también comenta las relaciones existentes entre los tres tipos de bondades. Las tres bondades que identifica Allan Murphy son: Consistencia (Tipo I), Calidad (Tipo II) y Valor (Tipo III). A continuación, en la Fig. 39 se describe cada una de estas bondades de un buen pronóstico.



**Figura 39. Bondades de un buen pronóstico**

Fuente: Adaptado de (Murphy, 1993)

La bondad Tipo II: Calidad describe algunos atributos que se definen en la siguiente figura.



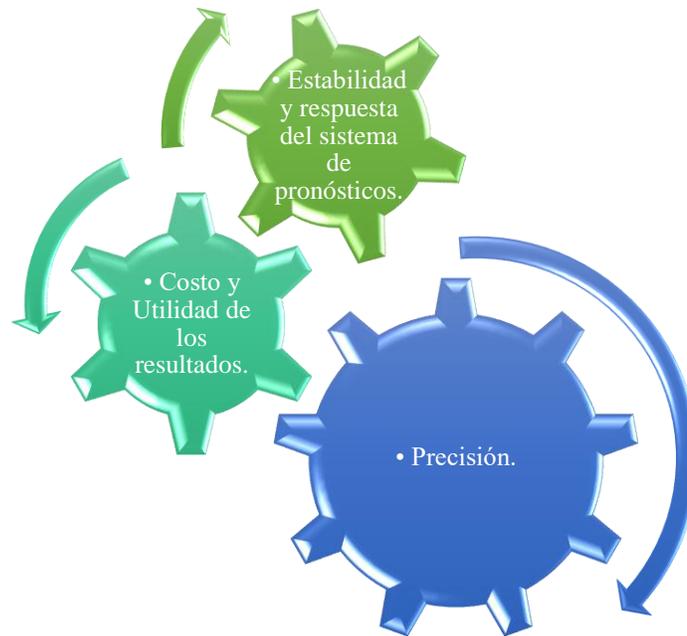
**Figura 40. Atributo de la bondad tipo: II**

Fuente: Adaptado de (Murphy, 1993)

#### 2.2.3.12. INDICADORES DE EFICIENCIA EN MODELOS DE PRONÓSTICOS.

Los sistemas de pronósticos buscan justificar que sea útil para el proceso de toma de decisiones, por ejemplo, niveles de inventario a mantener, determinación de las cantidades a

comprar, entre otros. Los principales indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos están relacionados entre si con los siguientes aspectos:



**Figura 41. Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos**

Fuente: Adaptado de (Vidal, 2010)

El objetivo principal de esta tesis de investigación es desarrollar una herramienta de pronóstico cuyo nivel de precisión sea mejor al obtenido con el proceso actual utilizado en La Empresa, por ende, en la siguiente sección se ahondará en este indicador clave en la planificación de la demanda.

Los errores de pronóstico son básicos, principalmente, por tres razones:

1. Proveen una forma de estimar la variabilidad de la demanda y de determinar el inventario de seguridad adecuado.
2. Permiten determinar la conveniencia del modelo de pronósticos seleccionado o de la posible actualización de sus parámetros.

3. Ilustran al administrador para su intervención en el pronóstico.

#### 2.2.3.13 PRECISIÓN

Después de revisar los métodos de pronóstico cuantitativos, se definirán en la siguiente sección 2.3 algunas medidas de la precisión de los pronósticos. De acuerdo con (Makridakis et al., 1998), el término exactitud se refiere a la bondad de ajuste, lo que a su vez tiene que ver con qué tan bien puede reproducir los datos que ya se conocen el modelo de predicción seleccionado. En los modelos de datos de series temporales, es posible utilizar un subconjunto de los datos conocidos para pronosticar sobre el resto de información, posibilitándose el análisis de la precisión de los pronósticos más directamente. Para el usuario de los pronósticos, la exactitud más importante es la de las predicciones futuras. (Makridakis et al., 1998)

#### 2.2.4. EL SOFTWARE COMO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Un instrumento de medición es un recurso que se utiliza para registrar datos de variables en una investigación.

El software en palabras simples es un programa de cómputo especializado que permite realizar distintas tareas en un sistema informático. (Significados.com, s. f.)

##### 2.2.4.1 TECNOLOGÍA Y PRONÓSTICO

En la sección 2.2.2.3 donde se habla de la planificación de la demanda, menciona a la tecnología como un aspecto clave dentro de un proceso de planificación de ventas y operaciones o conocido por sus siglas en inglés S&OP.

El software en la logística de empresas se utiliza en varias áreas de esta. para planificar la demanda, coordinar transporte y gestionar actividades. Cada vez se va modernizando más, hay nuevas tecnologías o actualizaciones de las ya existentes. Estos sistemas se pueden clasificar en tres etapas: primera, segunda y tercera generación. (MeetLogistics, 2020)

Por lo que podríamos decir que un software de pronósticos es un programa de cómputo que permite utilizar datos, procedimientos y pautas para realizar las tareas necesarias para planificar la demanda.

(MeetLogistics, 2020) menciona que existen tres generaciones de tecnologías para el pronóstico. Se mencionarán a continuación.

#### 1° Generación

Los principales pronósticos eran elaborados a mano. Se basaban en una persona con amplio conocimiento en la empresa ya con muchos años de experiencia y trabajar en ella. La persona conocía que producto eran necesarios en qué momento.

#### 2ª Generación

Las empresas fueron incorporando poco a poco un software para la planificación dentro de la Planificación de Recursos Empresariales (ERP). Los cálculos se volvieron menos manuales y más matemáticos y tuvieron dos impactos significativos. Primero, la disminución del tiempo para la realización del pronóstico y segundo, más fiabilidad en los resultados.

#### 3ª Generación

Al crecer la demanda, las empresas se vieron en la necesidad de softwares más complejos que les elaboraran análisis financieros, estadísticas y otros elementos necesarios para el mejor manejo de la empresa. Es aquí cuando comienzan a salir nuevas empresas enfocadas en brindar este tipo de servicios.

“Por lo tanto, el software que empleamos para realizar nuestra planificación es el auténtico protagonista y el centro sobre el que gira el resto de las acciones de planificación.”  
(MeetLogistics, 2020)

Las organizaciones se dieron cuenta que los métodos tradicionales de pronosticar la demanda en una hoja de Excel por medio de macros y tablas dinámicas ya no son suficiente. Esos métodos han quedado obsoletos y traen consigo errores generados por la volatilidad de la demanda con la que se enfrentan día a día.

Una de las grandes diferencias entre las empresas líderes en el mercado y las pequeñas que apenas vienen iniciando, es su manera de planificar la demanda. Empresas grandes hacen uso de softwares de planificación y otras herramientas tecnológicas. Así mismo, al ir modernizándose y expandiéndose, las empresas de servicio de software han ido adaptándose para mejorar sus códigos a las necesidades de los clientes.

Las características que deben tener los softwares de pronóstico para una demanda avanzada son las siguientes según MeetLogistics (2020):

- 1 •Capacidad de realizar cálculos estadísticos complejos y avanzados con algoritmos óptimos.
- 2 •Posibilidades colaborativas para realizar múltiples funciones en un mismo sistema.
- 3 •Capacidad de realizar y analizar distintos escenarios
- 4 •Potencial para detectar los factores que influyen la demanada entre todos los datos suministrados.
- 5 •Posibilidad de incluir factores causales que afecten la demanda
- 6 •Poder unir el plan financiero con el de ventas y compras
- 7 •Capacidad de modelar eventos
- 8 •Capacidad de almacenar gran volumen de datos en diversas fuentes y formatos.
- 9 •Análítica avanzada y elaboración de reportes automáticos

**Figura 42. Características de los softwares de pronóstico**

Fuente: Adaptado de MeetLogistics (2020)

#### 2.2.4.2 COMPARACIÓN DE SOFTWARE DE PRONÓSTICO

Excel vs Software de Pronósticos (Sanders & Manrodt, 2003) realizaron una encuesta a 240 empresas estadounidenses para evaluar el uso y satisfacción del software de pronósticos. Entre los resultados obtenidos, el 10,8% de los encuestados han usado este tipo de software, mientras que el 48% utilizan hojas de cálculo para realizar el pronóstico. Por último, las personas que usan los paquetes comerciales de software de pronósticos tienen errores 6,7% más bajos que aquellos que usan las hojas de cálculo y 17,2% más bajos que las personas que no usan ningún tipo de programa. Además, en las memorias del Simposio “Demand Management” que contó con la participación de empresas como Procter & Gamble e Intel, en el reporte de (Meyer & Meyer, Proceedings of the "Demand Management: Optimizing Supply and Demand Over Time" Symposium, 2006), ninguno de los conferencistas tiene un software que integre todos los aspectos de la gestión de demanda y el S&OP, aunque utilizan softwares como ERP o sistemas de pronósticos.

Todos postularon que las hojas de cálculo de Excel desempeñan un papel más importante en la integración entre Mercadeo y Operaciones. Lo mencionado anteriormente se debe a los siguientes aspectos:

1. En el S&OP el pronóstico es ajustado debido a los requerimientos de marketing, trade marketing, ventas y operaciones. Por ello la precisión de un software de pronósticos se verá igualmente afectada por estos ajustes.
2. La complejidad de los softwares de pronósticos es alta y esto no permite que muchos usuarios utilicen toda su capacidad, mientras que Excel es una herramienta

que utilizan más de 500 millones de usuarios en el mundo, que tiene una gran facilidad para el uso y cálculo de los datos.

3. Excel también ofrece mayor flexibilidad para presentar los resultados y realizar ajustes en caso de que sea necesario, representando una ventaja para las empresas que utilizan el S&OP como es el caso de la empresa XYZ.
4. Excel ya está disponible en los computadores de la empresa XYZ que utilizarán la herramienta, mientras que para adquirir un software de pronósticos se incurriría en un costo adicional y tiempo para capacitación.
5. La precisión de Excel, aunque es solo un poco menor que la de un software de pronósticos, se puede aumentar mediante la implementación de metodologías para tomar decisiones que se encuentra en la literatura existente.

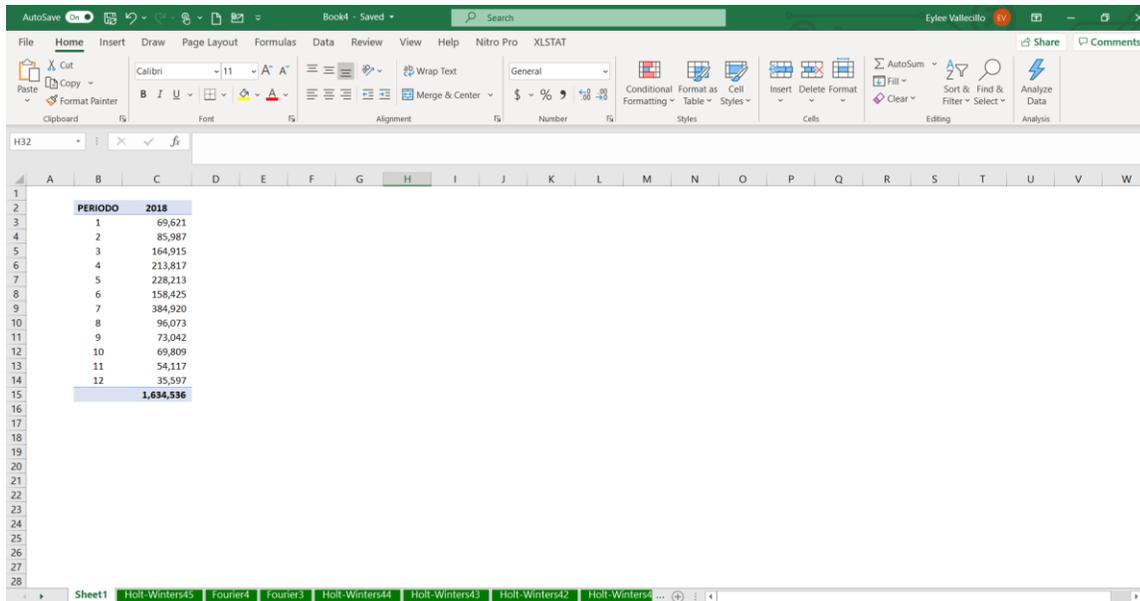
Por supuesto que existen desarrollos de software de pronósticos que muy probablemente pueden manejar esta diversidad. De acuerdo con Shapiro (2001, p. 261), existen varias clases de software de pronósticos:

1. Software automático, el cual define el mejor método de pronósticos para cada ítem y calcula sus correspondientes parámetros óptimos. Obviamente, el usuario puede adoptar o no el método sugerido.
2. Software semiautomático, en el cual el usuario selecciona el método de pronósticos de las sugerencias del software.
3. Software manual, en el cual el usuario debe considerar cada método de pronósticos y darle al sistema los parámetros de este.

A pesar de estos avances, como se mencionó al comienzo del capítulo, en la práctica, de acuerdo con (Sanders y Manrodt 2003), a pesar de que existen múltiples desarrollos de software de pronósticos, sólo el 10,8% de las empresas que ellos encuestaron reportaron estar usando algún programa para pronosticar; el 48% reportó la utilización de hojas electrónicas para pronosticar demanda y el 60% manifestó estar insatisfecho con el comportamiento del software de pronósticos. A pesar de estas estadísticas, aquellos que utilizan software de pronósticos obtienen los mejores resultados en cuanto al error del pronóstico medido con la MAPE. Se observa que, en grandes empresas, no se utiliza el software de pronósticos que viene con el ERP que usa la empresa e, incluso, acuden a analistas que planean la demanda en forma manual o con el apoyo de hojas electrónicas sencillas. Igualmente, se ha probado algo muy sencillo y que produce buenos resultados. Se trata de la combinación de pronósticos. Como lo mencionan (Silver & Pyke, 1998), combinaciones de pronósticos obtenidos con métodos sencillos producen mejores resultados que los métodos más elaborados; en general, afirman que: “métodos sofisticados no produjeron resultados más precisos que los que produjeron los métodos más simples”. (Valencia et al., 2017) dice que cuando se seleccionan las técnicas de pronósticos, los analistas no deberían asumir inmediatamente que las técnicas más sofisticadas producen los mejores resultados. Una combinación de pronósticos tan sencilla como el promedio de estos, en general, produce mejores resultados que cada uno de los métodos en forma individual. Para ir más allá, se pueden probar combinaciones lineales convexas de los pronósticos, optimizando los factores de combinación.

#### 2.2.4.3 ESQUEMA DE EXCEL STATS PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS

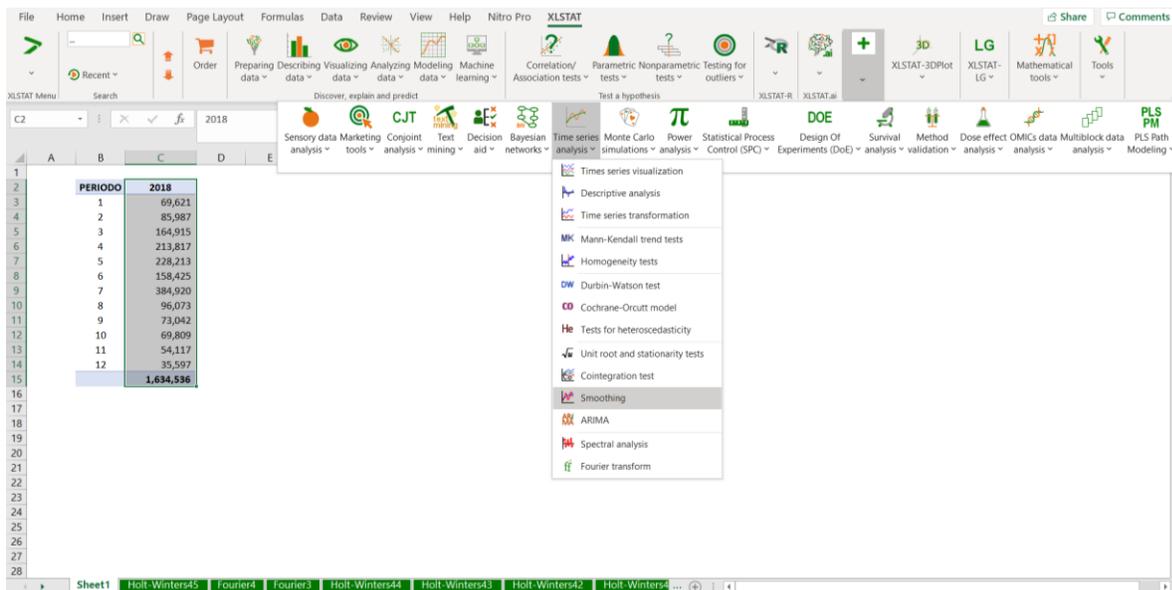
Paso uno: Preparar los datos de la demanda actual, para buscar el modelo que genere el pronóstico buscado.



**Figura 43. Paso 1 Excel Stats**

Fuente: Elaboración propia

Paso dos: Se seleccionan los datos, en la barra de herramientas se escoge el signo +, opción serie de tiempo, opción suavización.



**Figura 44. Paso 2 Excel Stats**

Fuente: Elaboración propia

Paso tres: Se selecciona los parametros para correr la informacion .

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
2018	12	0	12	35597.000	384920.000	136211.333	100675.218

Goodness of fit statistics (2018):

Statistic	Value
Observati	12
DF	8
SSE	161717409760.700
MSE	20214676220.088
RMSE	142178.325
MAPE	123.053
MPE	26.078
MAE	113745.762
R <sup>2</sup>	
Iterations	Yes

Model parameters (2018):

Statistic	Parameter	Standard error
alpha	0.28328789	1.12848E-06
Beta	2.423025565	1.67872E-05
S1	69621.000	
T1	0.000	

### Figura 45. Paso 3 Excel Stats

Fuente: Elaboración propia

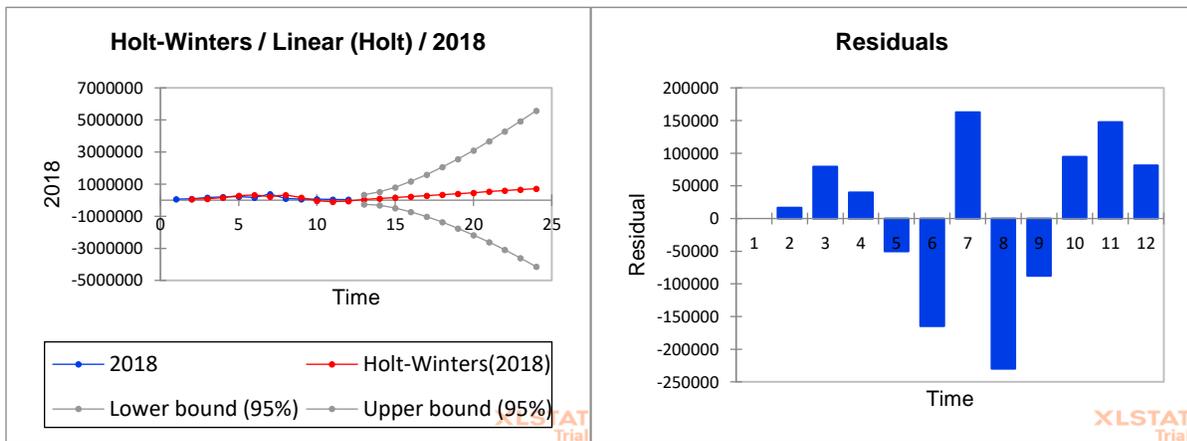
Paso cuatro: Se analiza la informacion

Series before and after smoothing (2018):

Time	2018	Holt-Winters(2018)	Residuals	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
1	69621.000				
2	85987.000	69621.000	16366.000		
3	164915.000	85491.138	79423.862		
4	213817.000	173742.439	40074.561		
5	228213.000	278354.292	-50141.292		
6	158425.000	322991.411	-164566.411		
7	384920.000	222252.624	162667.376		
8	96073.000	325872.338	-229799.338		
9	73042.000	160573.548	-87531.548		
10	69809.000	-24505.363	94314.363		
11	54117.000	-93330.849	147447.849		
12	35597.000	-45894.024	81491.024		
13		38794.595		-259110.177	336699.366
14		100397.793		-314569.905	515365.492
15		162000.992		-482674.837	806676.821
16		223604.190		-726449.734	1173658.114
17		285207.388		-1025065.024	1595479.801
18		346810.587		-1368377.433	2061998.606
19		408413.785		-1750613.751	2567441.321
20		470016.984		-2167980.870	3108014.837
21		531620.182		-2617728.524	3680968.888
22		593223.380		-3097728.082	4284174.843
23		654826.579		-3606257.550	4915910.707
24		716429.777		-4141879.810	5574739.364

**Figura 46. Paso 4 Excel Stats**

Fuente: Elaboración propia

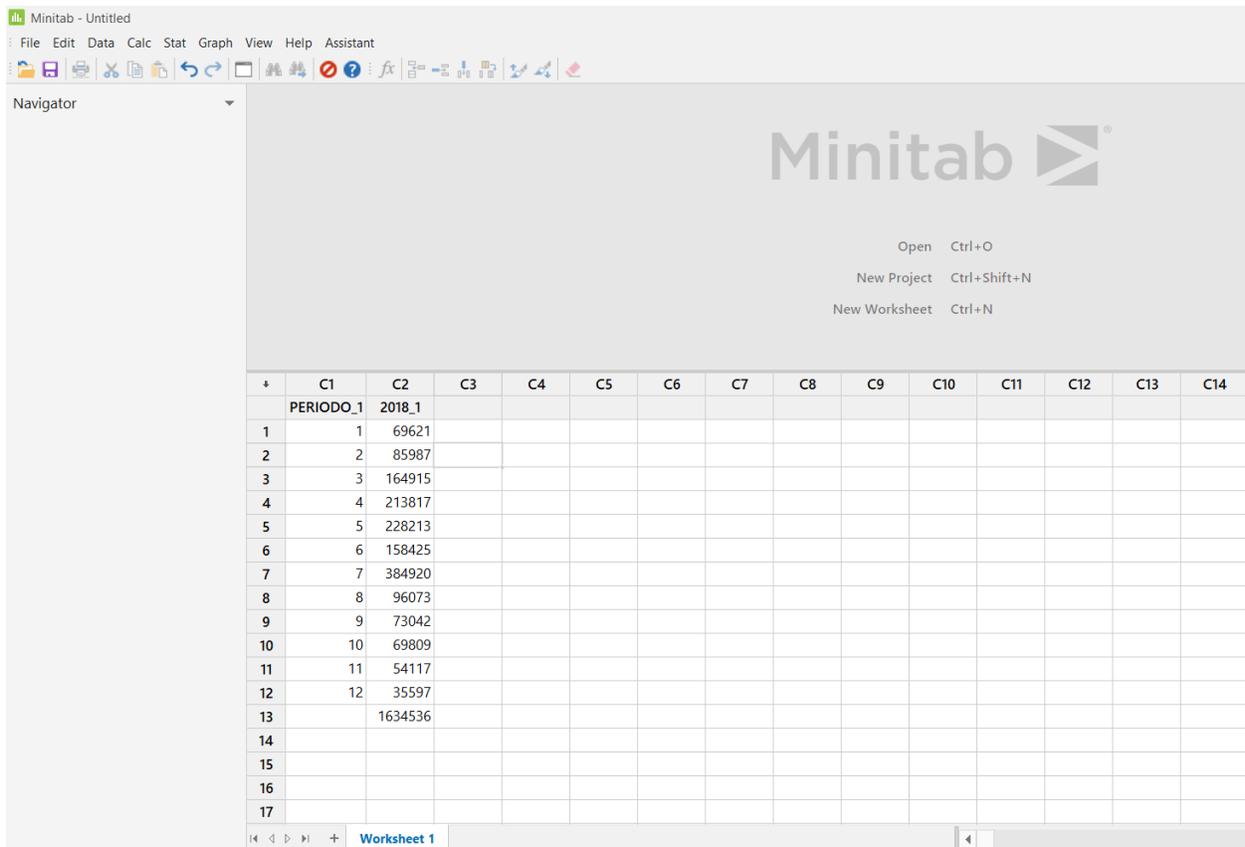


**Figura 47. Resultados de Excel Stats**

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4.4 ESQUEMA DE MINITAB PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS

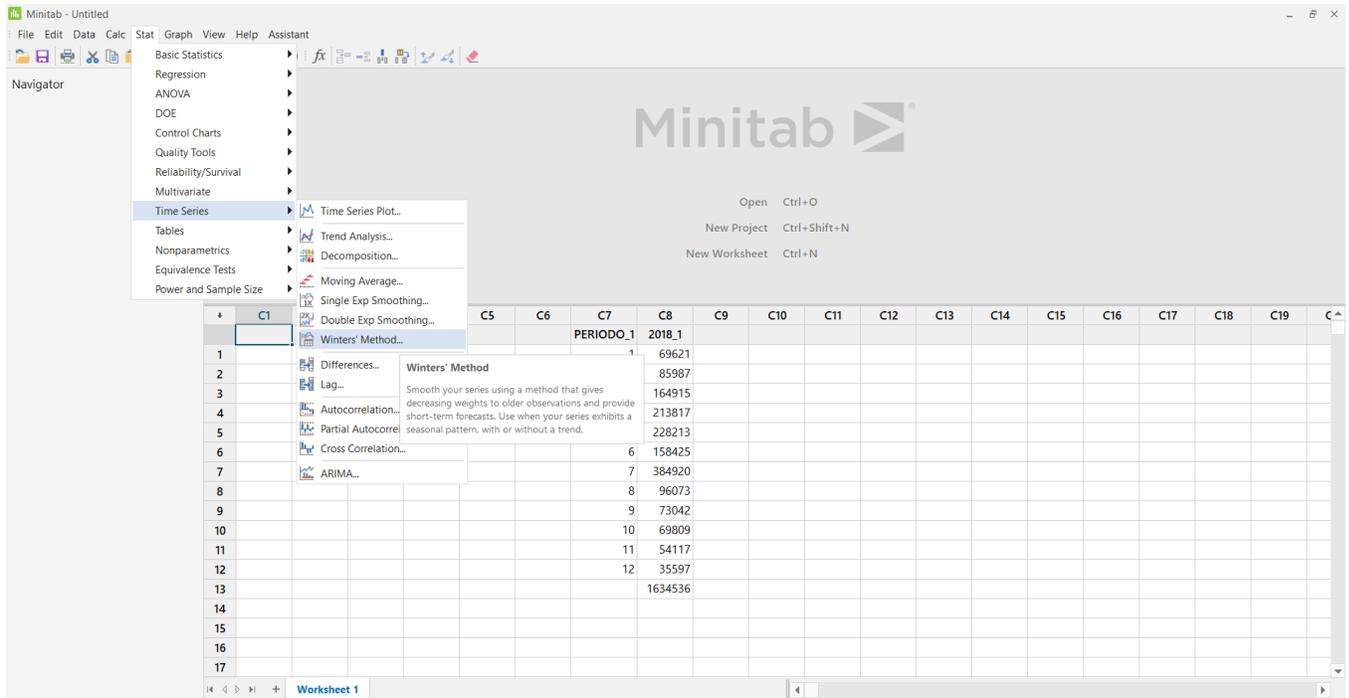
Paso uno: Ingresar datos



**Figura 48. Paso 1 Minitab**

Fuente: Elaboración propia

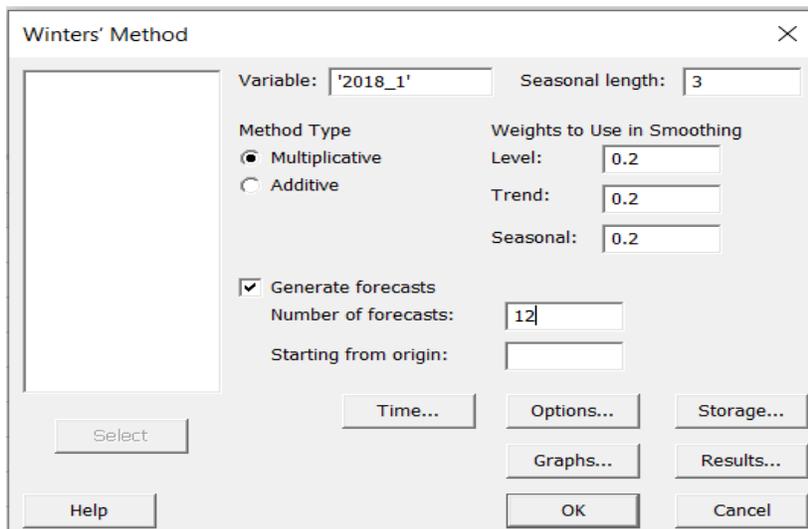
Paso dos: Seleccionar el modelo a utilizar



**Figura 49. Paso 2 Minitab**

Fuente: Elaboración propia

Paso tres: Se seleccionan los parámetros del modelo estadístico a utilizar



**Figura 50. Paso 3 Minitab**

Fuente: Elaboración propia

Paso cuatro: Refleja los resultados y se analiza la información

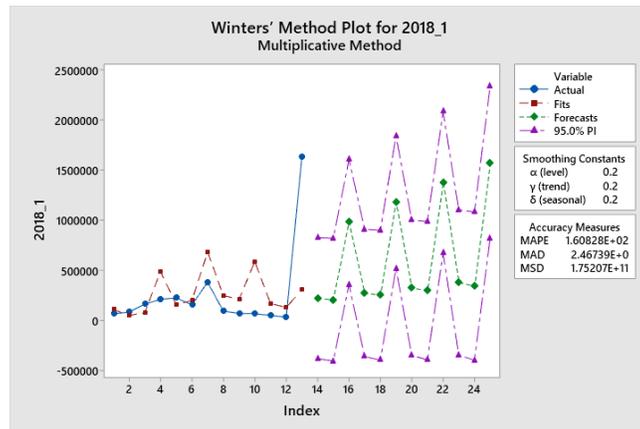
## Winters' Method for 2018\_1

### Accuracy Measures

MAPE	1.60828E+02
MAD	2.46739E+05
MSD	1.75207E+11

### Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
14	224160	-380338	828658
15	208797	-405172	822766
16	984542	360014	1609071
17	276259	-359865	912382
18	253835	-394862	902532
19	1182668	520473	1844862
20	328357	-348204	1004918
21	298874	-392867	990615
22	1380793	673110	2088476
23	380455	-343881	1104792
24	343912	-397742	1085566
25	1578918	819328	2338507



**Figura 51. Paso 4 Minitab**

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.4.5 ESQUEMA DE FORECAST PRO PARA PODER GENERAR PRONÓSTICOS

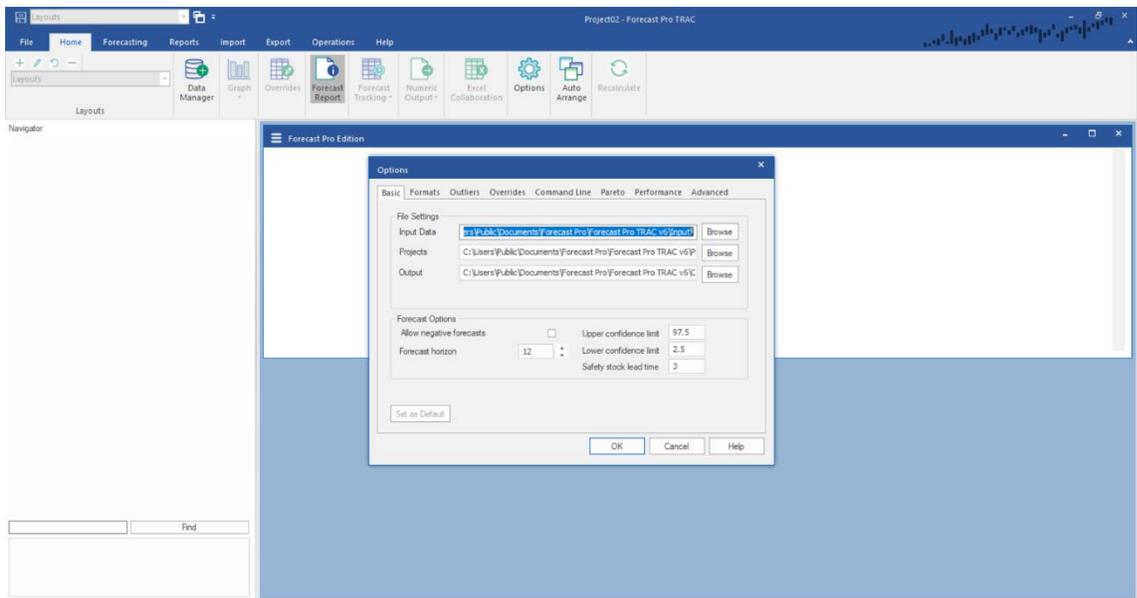
Paso uno: Preparar los datos históricos

Total	Linea	Cliente	SKU	Description	Año Inicial	Período Inicial	Período s x año	Períodos x Ciclo	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13
2	Total	Tortas	Food-King	BU-20-02	Caja - 20 oz. Butter Pound Cake	2013	1	12	12				
3	Total	Tortas	Food-King	CA-20-01	Caja - 20 oz. Carrot Layer Cake	2013	1	12	20.829	72.576	11.016	0	
4	Total	Tortas	Food-King	CH-20-01	Caja - 20 oz. Chocolate Layer Cake	2013	1	12					
5	Total	Tortas	Food-King	CO-20-01	Caja - 20 oz. Coconut Layer Cake	2013	1	12	6.763	7.661	9.561	6.076	6.09
6	Total	Tortas	Food-King	LE-20-02	Caja - 20 oz. Lemon Pound Cake	2013	1	12					
7	Total	Tortas	Grocery-Land	BU-20-02	Caja - 20 oz. Butter Pound Cake	2013	1	12					
8	Total	Tortas	Grocery-Land	CA-20-01	Caja - 20 oz. Carrot Layer Cake	2013	1	12	3.572	4.000	2.808	5.184	2.80
9	Total	Tortas	Grocery-Land	CH-20-01	Caja - 20 oz. Chocolate Layer Cake	2013	1	12	15.307	1.866	3.477	6.501	5.29
10	Total	Tortas	Grocery-Land	CO-20-01	Caja - 20 oz. Coconut Layer Cake	2013	1	12	25.404	450	906	4.986	7.21
11	Total	Tortas	Sids-Club	BU-20-02	Caja - 20 oz. Butter Pound Cake	2013	1	12					
12	Total	Tortas	Sids-Club	CH-20-01	Caja - 20 oz. Chocolate Layer Cake	2013	1	12	7.383	6.512	4.375	3.165	2.96
13	Total	Tortas	Sids-Club	CO-20-01	Caja - 20 oz. Coconut Layer Cake	2013	1	12	21.729	13.780	9.072	6.652	8.01
14	Total	Tortas	Stuff-Mart	BU-20-02	Caja - 20 oz. Butter Pound Cake	2013	1	12					
15	Total	Tortas	Stuff-Mart	CH-20-01	Caja - 20 oz. Chocolate Layer Cake	2013	1	12					
16	Total	Tortas	Stuff-Mart	CO-20-01	Caja - 20 oz. Coconut Layer Cake	2013	1	12					
17	Total	Muffins	Food-King	COR-12-11	Caja - 12 Unid Corn Muffins	2013	1	12		840	18.480	15.120	
18	Total	Muffins	Food-King	BRA-12-11	Caja - 12 Unid Bran Muffins	2013	1	12	1.563	1.143	1.767	1.351	2.18
19	Total	Muffins	Food-King	BLU-12-11	Caja - 12 Unid Blueberry Muffins	2013	1	12	824	2.494	1.767	2.700	2.49
20	Total	Muffins	Food-King	APP-12-11	Caja - 12 Unid Apple Muffins	2013	1	12	1.351	1.975	1.767	3.118	2.49
21	Total	Muffins	Food-King	OAT-12-11	Caja - 12 Unid Oatmeal Muffins	2013	1	12			4.368	3.360	16
22	Total	Muffins	Food-King	BN-20-01	Caja - 12 Unid Banana Muffins	2013	1	12			9.240	9.240	
23	Total	Muffins	Food-King	CT-20-02	Caja - 12 Unid Carrot Muffins	2013	1	12			14.280	14.280	

**Figura 52. Paso 1 Forecast Pro**

Fuente: Elaboración propia

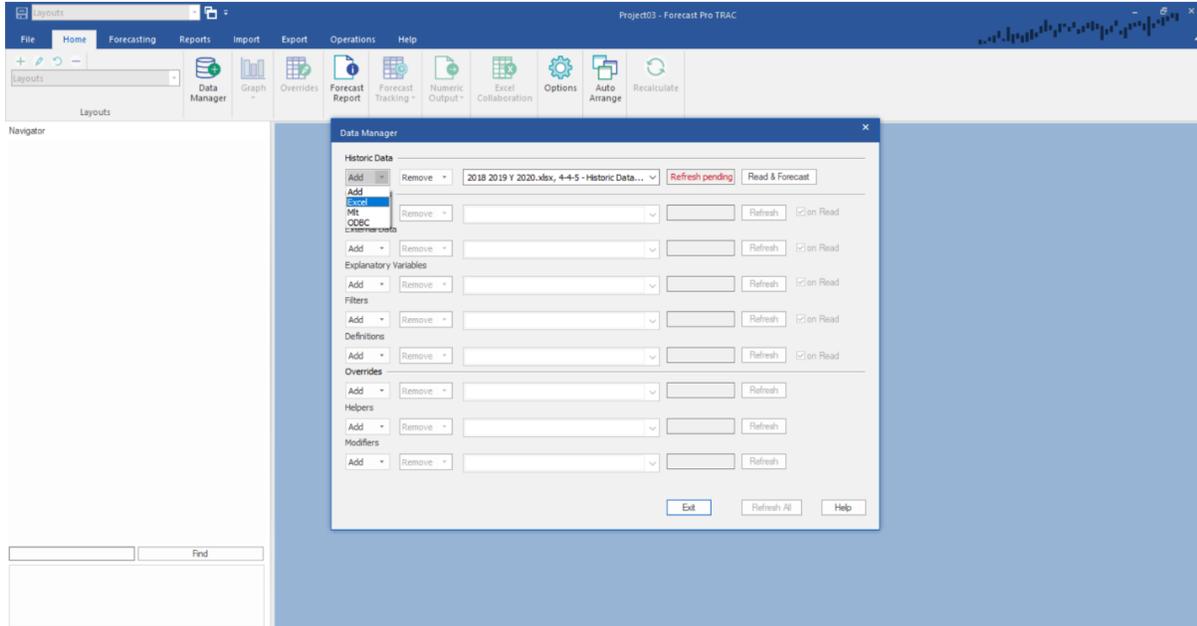
Paso dos: Configurar las Opciones. Se definen las opciones generales de configuración del programa, estas pueden ser para todos los proyectos o solo para el proyecto en curso.



**Figura 53. Paso 2 Forecast Pro**

Fuente: Elaboración propia

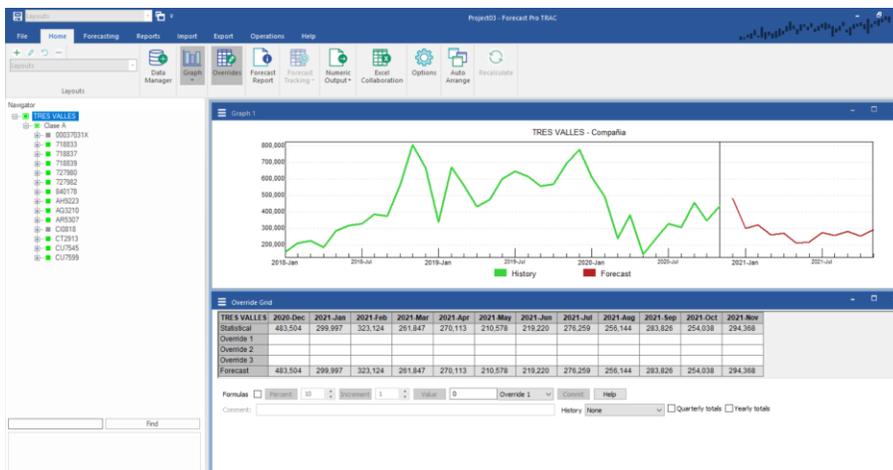
Paso tres: Definir el o los archivos históricos y demás datos a trabajar Se especifica al programa de pronósticos los conjuntos de datos con el cual va a trabajar y sobre los cuales van a generar los pronósticos



**Figura 54. Paso 3 Forecast Pro**

Fuente: Elaboración propia

Paso cuatro: Leer datos y generar pronóstico.



**Figura 55. Paso 4 Forecast Pro**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3. CONCEPTUALIZACIÓN

En esta sección se detalla el concepto fundamental de cada variable, dimensiones e indicadores de cada variable definidas en la investigación. Previo a definir las se presenta un diagrama sagital con las variables a utilizar en el análisis de la investigación.



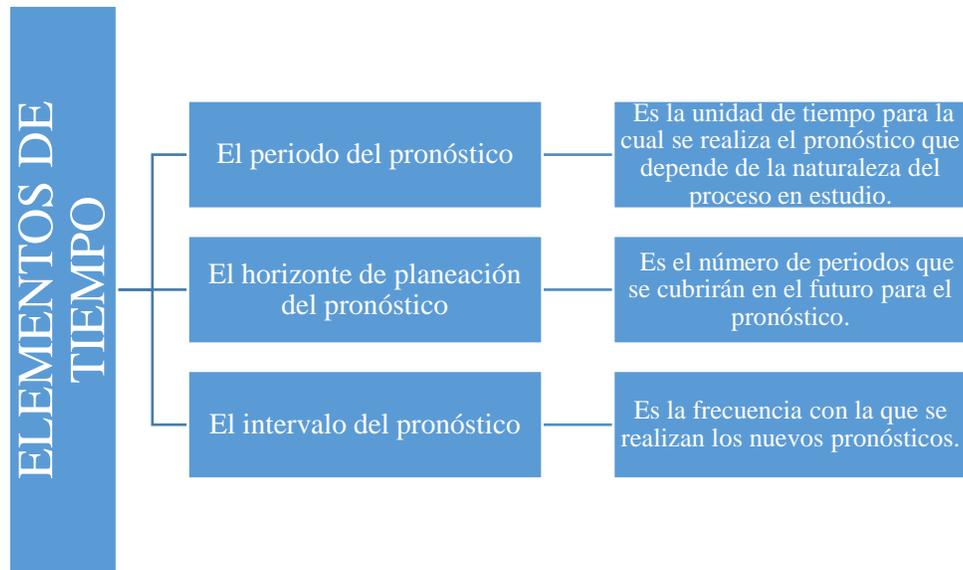
**Figura 56. Variables independientes y su relación con la variable dependiente**

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.1 DEMANDA REAL

Según la Real Academia Española, demanda es la “cuantía global de las compras de bienes y servicios realizados o previstos por una colectividad”. (Real Academia Española, s. f.). En palabras más simples, según (Philip Kotler & Gary Armstrong, 2008) son deseos y necesidades de los consumidores por servicios cuyos beneficios les ofrecen la mayor satisfacción y que están respaldadas por el poder adquisitivo que poseen.

A continuación, se muestran tres factores que deben especificarse en cualquier sistema de pronóstico de demanda.



**Figura 57. Elementos de tiempo**

Fuente: ( Botero & Alvarez, 2013)

### 2.3.1.1 TIPO DE DEMANDA EN LA EMPRESA

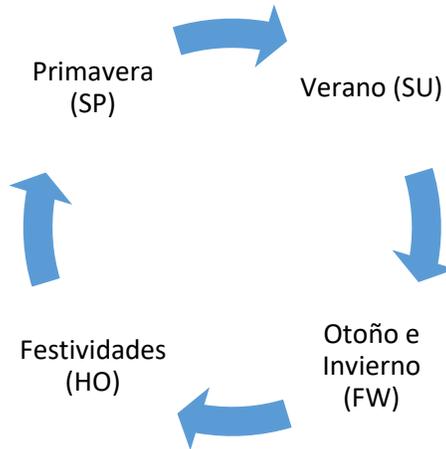
En este punto es importante mencionar conceptos acerca de la muestra y prueba de normalidad relacionado con el análisis interno de la empresa objeto de estudio.

#### 1. Muestra

Cuando hablamos de muestra estadística se refiere a un subconjunto de elementos de la población estadística.

#### 2. Tipo de Demanda

La Empresa cuenta con una demanda estacional que consta de cuatro temporadas de productos que se reciben de forma trimestral: Las cuales se resumen en el siguiente cuadro y están relacionadas con la temporada de compra del cliente y la forma de ingreso de las compras.



**Figura 58. Demandas estacionales de La Empresa**

Figura: Elaboración propia

Cuando se realice el estudio del tipo de demanda deberá estudiarse a través de la prueba de normalidad su comportamiento ya que no se ha investigado estadísticamente cual es el tipo de demanda y su patrón.

a) Prueba de normalidad

En la prueba de normalidad nos indica si se debe rechazar o no se puede rechazar la hipótesis nula en la muestra seleccionada.

Puede realizar una prueba de normalidad y producir una gráfica de probabilidad normal en el mismo análisis. La prueba de normalidad y la gráfica de probabilidad suelen ser las mejores herramientas para evaluar la normalidad. (Minitab 18, s. f.)

Dicha prueba puede correrse con la ayuda de un software como ser Minitab o el de la preferencia de cada usuario, en el caso de este trabajo de investigación la herramienta a utilizar será definida durante los capítulos posteriores.

Dentro de Minitab se cuenta con tres tipos diferentes de prueba, pero puede utilizar el

estadístico de Anderson-Darling para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad para una prueba t.

Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:

H0: Los datos siguen una distribución especificada

H1: Los datos no siguen una distribución especificada

Utilice el valor p correspondiente (si está disponible) para probar si los datos provienen de la distribución elegida. Si el valor p es menor que un nivel de significancia elegido (por lo general 0.05 o 0.10), entonces rechace la hipótesis nula de que los datos provienen de esa distribución.

#### b) Margen de Error

El margen de error aceptable acorde a las metas internas de la Compañía para variación de demanda es de un 25%, por lo que el nivel de precisión debe ser de mayor o igual a 75%.

#### 2.3.1.2 EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN, R<sup>2</sup>

Si se desea calificar en qué grado el método de regresión lineal con que se ha obtenido a partir de un conjunto de observaciones explica las variaciones que se producen en la variable dependiente de éstas. (Laguna, s. f.)

La medición más importante de la bondad es el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>. Este coeficiente da a conocer el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, y es definido como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente y se explica por la recta de regresión.

Cuanto menos dispersos sean los errores o residuos (la diferencia entre los valores

observados y los valores estimados por la recta de regresión), mejor será la bondad del ajuste, ver la ecuación 29:

$$R^2 = 1 - \frac{S_e^2}{S_Y^2} \quad (29)$$

Dentro de sus características podemos ver lo siguiente:

1. R<sup>2</sup> es una cantidad adimensional que sólo puede tomar valores en [0, 1]
2. Cuando un ajuste es bueno, R<sup>2</sup> será cercano a uno (mayor será la fuerza de asociación entre ambas variables)
3. Cuando un ajuste es malo, R<sup>2</sup> será cercano a cero (la recta no explica nada, no existe asociación entre X e Y)

Es muy importante tener clara la diferencia entre el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación:

1. R<sup>2</sup>: mide la proporción de variación de la variable dependiente explicada por la variable independiente.
2. r: mide el grado de asociación entre las dos variables.

### 2.3.1.3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

No es suficiente con conocer solo las medidas de tendencia central, sino que también se necesita conocer la desviación que representan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución. De esta manera se tendrá una visión de los mismos más acorde con la realidad a la hora de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones de la empresa

En términos matemáticos, el desvío estándar es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

La unidad es la misma unidad que utilice la media en el caso específico, ya sean unidades monetarias, métricas etc. (Castillo, 2009). Es una medida de centralización o dispersión para variables de razón y de intervalo, que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética,

Cuando se va a determinar si un grupo de medidas está de acuerdo con el modelo teórico, la desviación estándar de esas medidas es de vital importancia: si la media de las medidas está demasiado alejada de la predicción (con la distancia medida en desviaciones estándar), entonces consideramos que las medidas contradicen la teoría. Esto es coherente, ya que las mediciones caen fuera del rango de valores en el cual sería razonable esperar que ocurrieran si el modelo teórico fuera correcto. (Universidad Nacional del Callao, s. f.)

Cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión. A continuación, vemos la fórmula para obtener la desviación estándar de una población.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\chi-\mu)^2}{N}} \quad (30)$$

Donde  $\sum$  significa "suma de",  $\chi$  es un valor de un conjunto de datos,  $\mu$  es la media del conjunto de datos y  $N$  es el número de datos. Si el cálculo se fuese a realizar con una muestra de la población, el universo  $N$  se cambiaría por  $(n-1)$ . (Khan Academy, 2020).

### 2.3.2 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: SOFTWARE

Según Tamayo (2017) define a el software de pronóstico como: “Un paquete independiente que se utiliza para generar pronósticos utilizando, ya sea un modelo predictor seleccionado o una característica incorporada.” (Julián Tamayo, 2017) Dicho término se define de forma más amplia en la sección 2.2.4.

### 2.3.2.1 SOFTWARE EN PRONÓSTICOS

Un software de pronósticos para la demanda tiene la finalidad de ayudar a la compañía de manera eficaz en la administración de los recursos, buscando una mayor precisión en los resultados, para que pueda optimizar su planificación y por ende se vea reflejado en la reducción de sus costos.

Los softwares existentes que se pueden usar para realizar los pronósticos se dividirán en dos categorías:

Especializados	
Este tipo de software se encarga exclusivamente de realizar pronósticos. Esto hace que el proceso sea más preciso, pues incluye más funciones y más decisiones automatizadas en su contenido. Así el usuario obtendrá mejores resultados.	Algunos ejemplos de este tipo de software son el: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forecast Pro de Business Forecast Systems, Inc</li> <li>• Palisade @<b>RISK and Neural Tools</b></li> <li>• Microsoft Azzure.</li> </ul>
Softwares con módulo de pronósticos	
Son softwares que no se especializan en el proceso de pronósticos, sino que lo incluyen como uno de sus módulos. Esto hace que este proceso no incluya algunas funciones que faciliten el pronóstico de varias referencias al tiempo y el usuario deba decidir por ejemplo el método de pronóstico a utilizar.	Algunos ejemplos de este tipo de software son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• LOGWARE</li> <li>• SAS</li> <li>• paquetes estadísticos como Minitab y SPSS.</li> </ul>

**Figura 59. Categoría de softwares**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.2 PRINCIPALES APLICACIONES PARA REALIZAR PRONÓSTICOS.

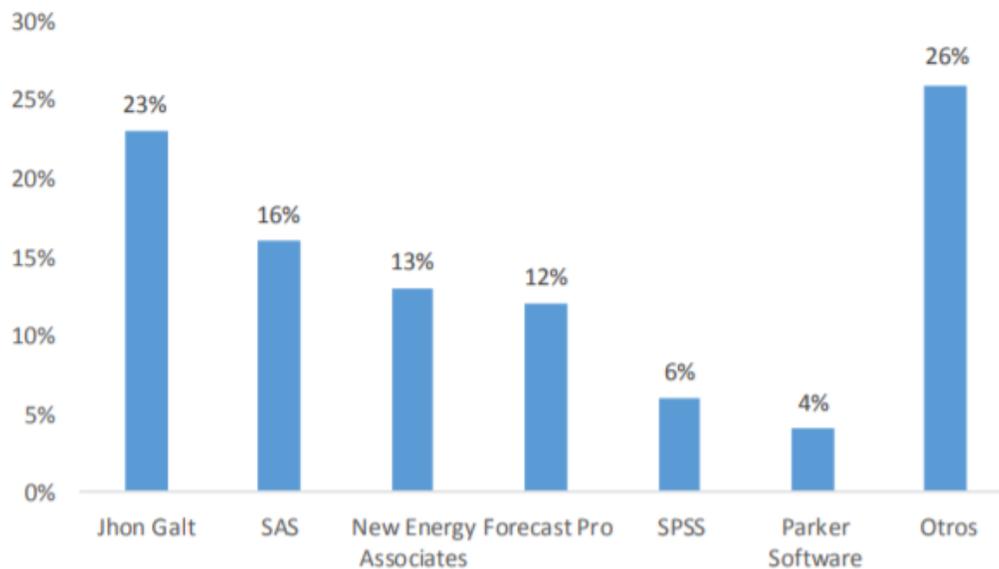
Detallaremos la diferencia entre el software de pronóstico y los sistemas de pronóstico para

poder entender las diferencias.

Según (Julián Tamayo, 2017), el software de pronóstico es un paquete independiente que utilizado para generar pronósticos utilizando, ya sea un modelo predictor seleccionado o una característica incorporada (llamado por lo general sistema experto) automático.

El Sistema de pronóstico, por otro lado, hace más que eso. tiene un motor de pronóstico para realizar pronósticos, además automatiza muchos de los procesos de pronóstico como la adquisición y transmisión de datos.

De acuerdo con el estudio realizado por Chaman en el 2006, se identifican los seis más importantes, que se enumeran en la figura.

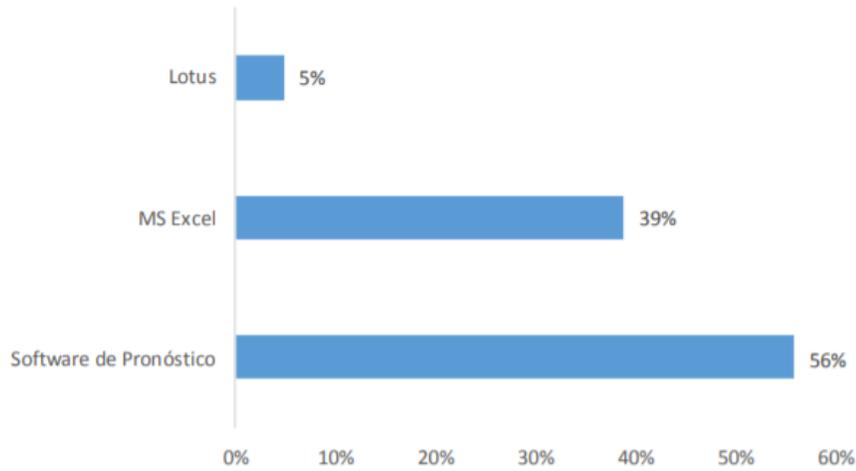


**Figura 60. Cuota de mercado de diferentes Software de pronóstico**

Fuente: (Chaman, 2006)

Según la investigación de Jain Chaman, cuando se combinan todas las industrias, los paquetes de hojas de cálculo controlan el 44% del mercado, mientras que el software de pronóstico

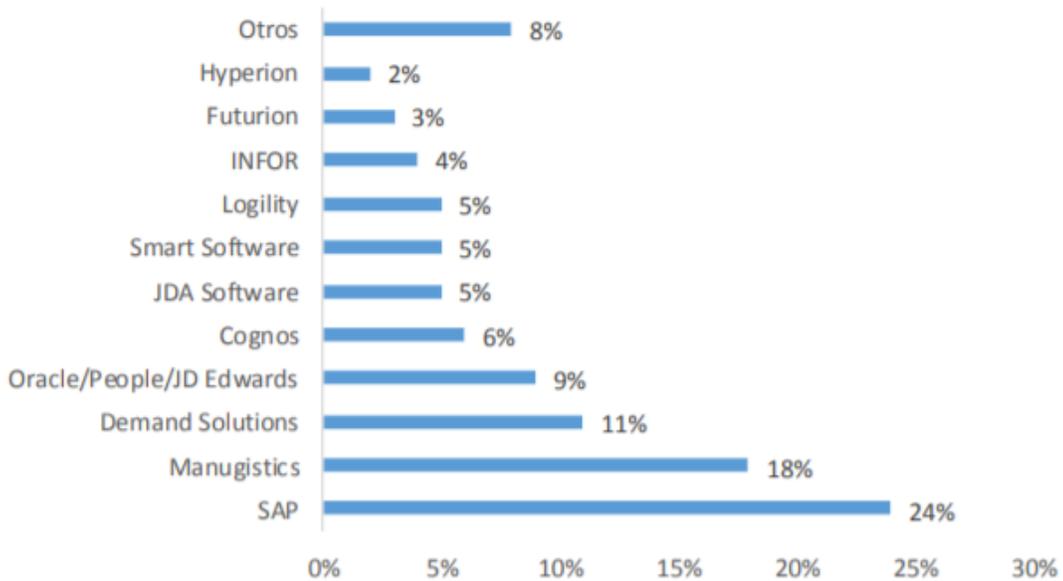
controla el otro 56%.



**Figura 61. Cuota de mercado de la hoja de cálculo y software de pronósticos**

Fuente: (Chaman, 2006)

Incluso en el mercado sistema de pronóstico, existen numerosos proveedores, aunque los once principales se enumeran en la siguiente figura.



**Figura 62. Cuota de mercado de los sistemas de pronósticos**

Fuente: (Chaman, 2006)

### 2.3.2.3 LA VALIDACIÓN DE LAS MEDIDAS

Aquí se confirma la validez de los atributos, de las unidades, del instrumento de la medida, las cuales son dos. Primera, teóricas, confirma si la medida viola alguna de las propiedades que deben cumplir los elementos involucrados en la medición. Segundo, empírica, consiste en determinar, mediante experimentos, si los valores obtenidos con una medida concuerdan con la idea existente sobre el atributo que se mide.

Las métricas para la valoración del software se mencionan a continuación:

1. Estimación de coste y esfuerzo
2. Modelos y medidas de productividad
3. Modelos y medidas de calidad
4. Modelos de fiabilidad
5. Evaluación del rendimiento
6. Métricas estructurales y de complejidad
7. Valoración de capacidad de madurez
8. Gestión mediante métricas
9. Evaluación de métodos y herramientas

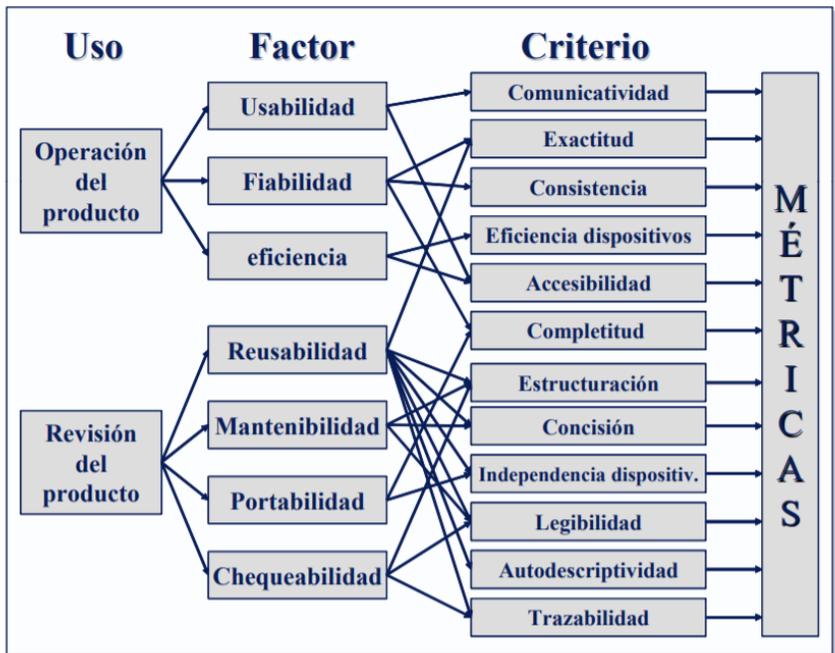
El alcance de las métricas del software es buscar la mejor productividad, como lo podemos ver en la siguiente figura:



**Figura 63. Mejor productividad: el alcance del software**

Fuente: (Moreno, s. f.)

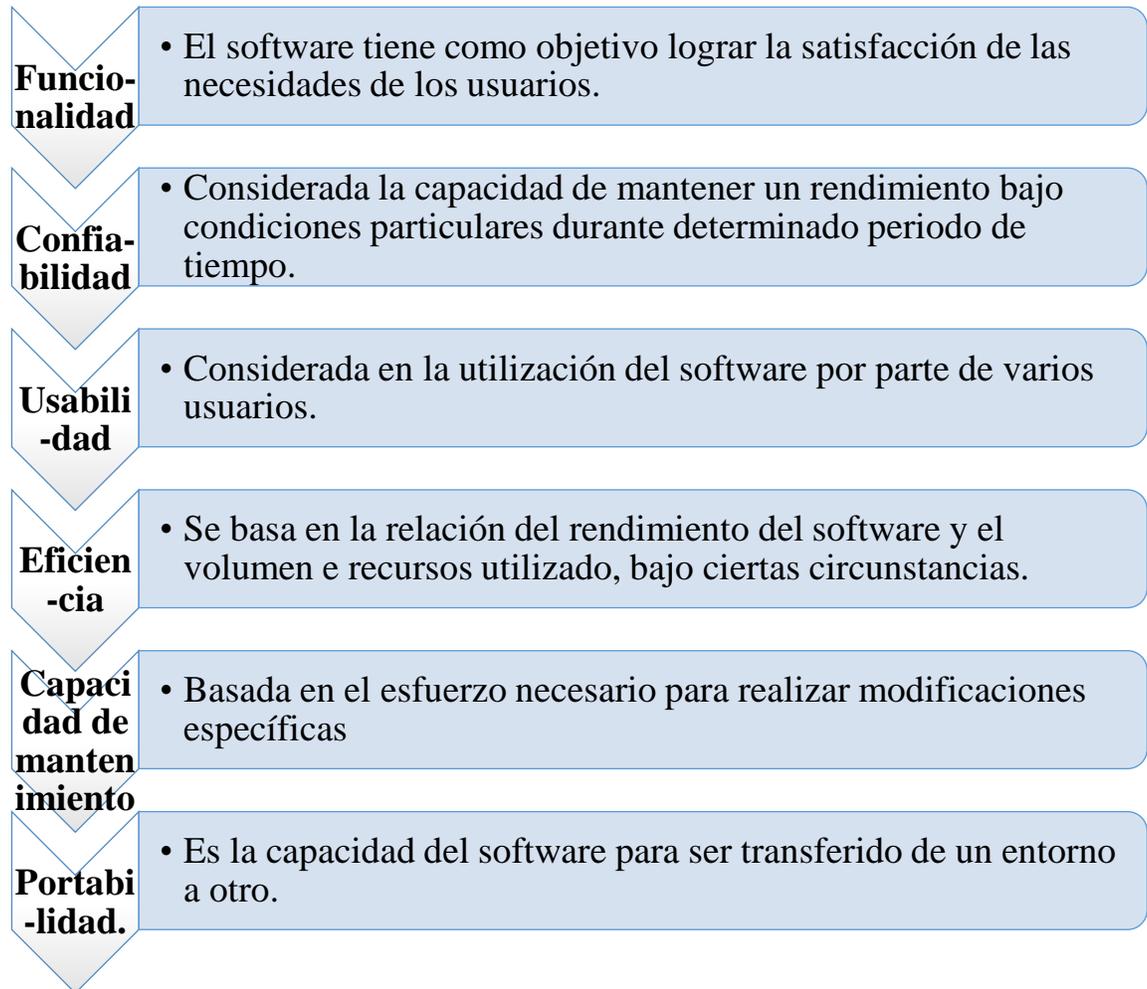
Como también el alcance que tienen las métricas del software en la Fig. 64.



**Figura 64. Alcance de las métricas del software**

Fuente: (Moreno, s. f.)

El estándar ISO/IEC 9126 presenta la calidad del software por medio de seis características globales: funcionabilidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, capacidad de mantenimiento y portabilidad.



**Figura 65. Características globales del software**

Fuente: Elaboración propia

Estos aspectos deben tratarse cuidadosamente durante el ciclo de vida del software ya que no sólo satisfarán las exigencias del usuario, sino que será más fáciles de mantener y modificarse una vez sea realizada la entrega al cliente. Basado en lo revisado previamente los criterios para la selección de un software, se definió utilizar los métricos siguientes, mismos que serán validados por el comité de expertos en la matriz de decisión.

## Seguridad e integridad

- La seguridad de software se utiliza para proteger el software contra ataques maliciosos de hackers y otros riesgos, de forma que nuestro software siga funcionando correctamente con este tipo de riesgos potenciales. Esta seguridad de software es necesaria para proporcionar integridad, autenticación y disponibilidad.

## Confiabilidad

- Según el IEEE (El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) define a la confiabilidad como “la habilidad que tiene un sistema o componente de realizar sus funciones requeridas bajo condiciones específicas en periodos de tiempo determinados”.
- La confiabilidad determina que un programa particular de software debe de seguir funcionando en la presencia de errores.  
Los errores se relacionan al diseño, a la implementación, o a la programación.

## Usabilidad

- Se puede citar a Jakob Nielsen, máxima autoridad en esta área, quien la definió como «un atributo de calidad que mide qué tan fáciles de usar son las interfaces de usuario». Según Nielsen,
- **la usabilidad está compuesta por cinco componentes de calidad:**
- **Facilidad de aprendizaje.** ¿Qué tan amigable es para los usuarios el uso del mis y terminar tareas no complejas cumplir con las tareas básicas la primera vez que utilizan la interfaz?
- **Eficiencia.** Una vez que el usuario se familiariza con el diseño ¿qué tan efectivo será en la realización de estas?
- **Recordabilidad.** Después de un tiempo de inactividad en el diseño, ¿Cuánto tiempo toma recuperar la habilidad en el uso?
- **Errores.** ¿Cuáles son los bloqueos en el diseño en cuanto al nivel de errores cual sería la magnitud de estos y la forma de revertirlos?
- **Satisfacción.** ¿Qué tan bien se siente el usuario con el diseño y que tan confiable es?

## Trayectoria del Proveedor

- Existen muchos criterios que se pueden considerar para seleccionar un proveedor como ser: Proximidad, Soporte, Experiencia en la industria, reputación en el mercado o implementaciones exitosas en el rubro

## Soporte Técnico

- El apoyo puede provenir directamente del fabricante del software, del implementador o de un tercero. El servicio puede darse en su empresa o por medio de una línea telefónica o por internet. Es importante identificar cómo se entregará el apoyo de ERP, y si tiene sentido para usted y su personal ¿El servicio está incluido en el precio? ¿Cuál es la modalidad que el prestador del servicio le ha cotizado?

## Adaptabilidad

- Habilidad de modificar un sistema para que funcione con conceptos de dominios de aplicaciones diferentes, para medirlo se deben evaluar otras características relacionadas como ser: Portabilidad, Reusabilidad y Interoperabilidad, ya que actualmente es insuficiente que un sistema solo funcione bien y resuelva el problema que corresponde, el dial es que el sistema debe poder crecer y modificarse para solucionar algún problema ligeramente diferente.

## Costos

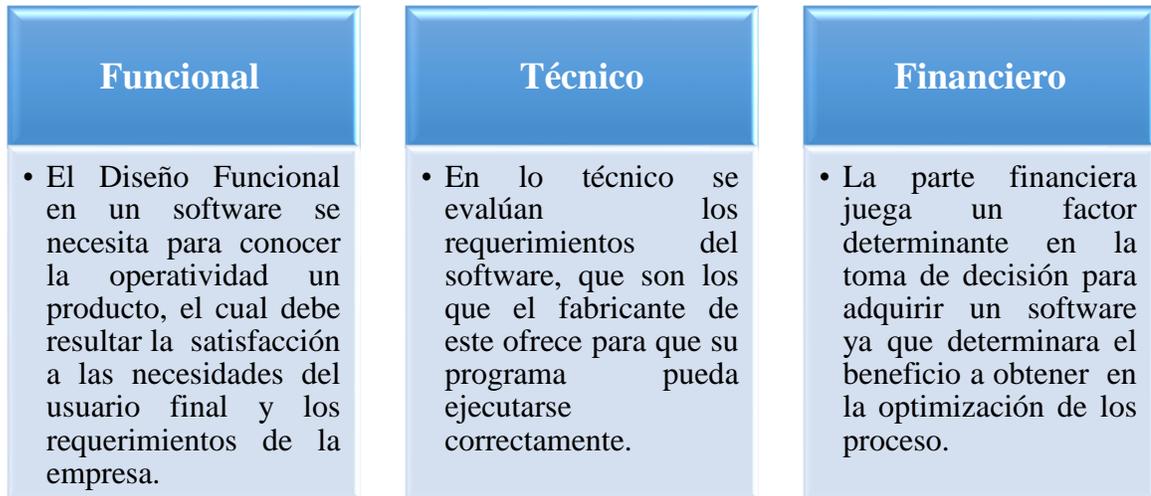
- Y claramente el adquirir un sistema de software se ve como una inversión por lo que se debe evaluar el costo de adquisición y si tiene otros servicios incluidos como ser soporte técnico, etc.

**Figura 66. Métricas a utilizar para matriz de decisión**

Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.2.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE

En la selección de un software se deben establecer criterios que estén de acuerdo con las necesidades de la compañía. Los conceptos básicos para la selección de un software son los siguientes:



**Figura 67. Conceptos básicos para selección de software**

Fuente: Elaboración propia

##### 2.3.2.4.1 CRITERIO FUNCIONAL

Son los requerimientos funcionales de los servicios que proveerá el sistema, la manera en que éste reaccionará a entradas de información en algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también están explícitamente estructurados en lo que el sistema no debe ejecutar.

Ciertos problemas de la ingeniería de software son causados por la imprecisión en los requerimientos. Para un desarrollador de sistemas es natural dar interpretaciones de un requerimiento ambiguo con el fin de simplificar su implementación. Sin embargo, a menudo no se adapta a las necesidades específicas del cliente. Se deben realizar nuevos requerimientos y hacer

cambios al sistema, retrasando la entrega de éste e incrementando el costo.

En principio, los requerimientos funcionales de un sistema deben estar completa y ser consistente. La compleción significa que todos los servicios solicitados por el usuario están definidos. La consistencia significa que los requerimientos no tienen definiciones contradictorias.

#### 2.3.2.4.2 CRITERIO TÉCNICO

El concepto de técnico está vinculado al griego *téchne*, que puede traducirse como “ciencia” o “arte”. (Pérez & Merino, 2013). Esta noción hace referencia a un procedimiento que tiene como objetivo la obtención de un cierto resultado o fin. Al ejecutar conocimientos técnicos, se sigue un conjunto de reglas y normas que se utiliza como medio para alcanzar un fin.

El servicio técnico es aquel destinado a solucionar problemas vinculados a equipos electrónicos. Las marcas suelen contar con un servicio técnico oficial que incluso cubre las fallas que se producen durante el periodo de garantía. Existen empresas o profesionales que también ofrecen servicio técnico, pero de forma independiente (es decir, solucionan problemas que puedan ocurrir en artefactos de distintas marcas).

#### 2.3.2.4.3 CRITERIO FINANCIERO

La estimación de los costos en la selección de un software es un factor muy importante en el análisis de los proyectos informáticos, siendo este un tema estratégico que debe contar con indicadores para medir el costo de estos, para garantizar la eficiencia, excelencia, calidad y la

competitividad. La evaluación y análisis de costo es el proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto de selección de manera eficiente.

La evaluación del costo determinara la calidad y cantidad de los recursos necesarios en términos de dinero, esfuerzo, capacidad, conocimientos y tiempo incidiendo en la gestión empresarial.

#### 2.3.2.5 SELECCIÓN DEL SOFTWARE A DESARROLLAR

Basado en el estado del arte y la revisión de la literatura existente se ha preseleccionado los softwares a utilizar en la revisión y selección del instrumento los cuales se resume sus características principales.

**Tabla 7. Softwares utilizados**

SOFTWARE DE PRONOSTICO	NOMBRE Y DOMINIO DEL SOFTWARE	VERSION	ESTRUCTURA DE DISEÑO (MODULO)	APLICABILIDAD PRACTICA
EXCEL – modulo STATS	The most recent Office Service Pack corresponding to your Excel version should be installed	<u>XLSTAT versión 2020.5</u>	Excel 2013, 2016, 2019 (Office 365)	XLSTAT es un complemento de análisis de datos para Excel potente a la vez que flexible que permite a los usuarios analizar, personalizar y compartir resultados en Microsoft Excel. Gracias a sus más de 240 funciones estadísticas estándar y avanzadas, XLSTAT es la herramienta preferente de análisis estadístico en empresas y universidades, grandes y pequeñas,
MINITAB	Windows 8 or 8.1, Windows 10	versión más reciente es 1.9.0	Se requiere de una conexión a Internet para la activación de la prueba gratis y de las licencias para un solo usuario, Espacio en disco duro: 2 GB (mínimo) de espacio libre disponible	Ofrece herramientas precisas y fáciles de usar para la mejora de la calidad y la estadística genera
FORECAST PRO	Business Forecast Systems, inc	Forcast Pro TRAC V6 Forecast Pro Unlimites V11 Forcast Pro 100 V11	Interfaz intuitiva que muestra datos jerárquicos en una estructura similar a un árbol, lo que permite trabajar en cualquier nivel de detalle con un siempre etc.	es un sistema de pronóstico estadístico asequible y altamente intuitivo que le brinda a su equipo de planeación la capacidad de crear pronósticos precisos y creíbles, junto con las herramientas para administrar, monitorear y mejorar de manera eficiente su proceso de pronóstico

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3 ERRORES EN PRONÓSTICO

(Vidal, 2010) menciona que “la precisión de un pronóstico se mide con base en los errores de éste, los cuales se calculan como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico calculado en algún período anterior al observado.” p.79

Si  $Y_t$  es la observación real para el periodo  $t$  y  $F_t$  es el pronóstico de ese periodo, entonces el error es definido como lo vemos en la ecuación 31:

$$e_t = Y_t - F_t \quad (31)$$

Usualmente,  $F_t$  es calculado usando los datos  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{t-1}$ .  $F_t$  es un pronóstico de un paso porque está pronosticando un periodo adelante de la última observación usada en el cálculo. Entonces,  $e_t$  es el error de un paso, es la diferencia entre la observación  $Y_t$  y el pronóstico calculado con todas las observaciones anteriores, pero sin incluir a  $Y_t$ .

Evidentemente, el error del pronóstico para un solo período no es muy útil. Por lo tanto, se necesita disponer de errores absolutos, cuadráticos o porcentuales para  $n$  períodos, para así obtener el promedio de esos errores sobre dichos períodos. Estos índices se denominan la desviación absoluta media (Mean Absolute Deviación, MAD), el error cuadrático medio (ECM) (en inglés Mean Square Error, MSE) y la desviación absoluta porcentual media (Mean Absolute Porcentaje Error, MAPE). Por ser usualmente utilizado en nuestro medio, usaremos el término en inglés MAD para la desviación absoluta media (algunos autores utilizan el término “desviación media absoluta”, pero no se considera adecuado pues la MAD es realmente un promedio de errores absolutos).

La MAD se define como el promedio de los errores absolutos sobre un número

determinado de períodos, de la siguiente forma, donde n es el número de períodos: en la ecuación 32:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n x_t - \hat{x}_1}{n} \quad (32)$$

El ECM se define como el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de períodos, así: en la ecuación 33:

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_1)^2}{n} \quad (33)$$

Finalmente, la desviación absoluta porcentual media MAPE se define mediante las Ec. (3.8) y (3.9), de acuerdo con la correspondiente definición del error porcentual dada anteriormente. Todos estos indicadores se ilustrarán posteriormente con algunos ejemplos. En las ecuaciones 34 y 35:

$$MAPE = \frac{100 \times \sum_{t=1}^n \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t}}{n} \quad (34)$$

$$MAPE = \frac{100 \times \sum_{t=1}^n \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t}}{n} \quad (35)$$

La siguiente tabla es un resumen de las medidas utilizadas para el cálculo del error.

**Tabla 8. Resumen de las medidas utilizadas para el cálculo del error**

Método	Descripción	Horizonte de tiempo
<b>Error Promedio</b>	Para medir la exactitud se puede calcular el error promedio (o medio), que es el promedio de la suma del valor de los errores,	$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$
<b>Desviación Media Absoluta</b>	En casos donde el error promedio resulte negativo y positivo lo que acerca la suma a cero, se consideran los valores absolutos (sin tomar en cuenta los signos positivos o negativos) la Desviación media absoluta (MAD), que en otras palabras es el error absoluto promedio a lo largo de varios periodos.	$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n  e_i }{n}$
<b>Error cuadrado medio</b>	Otra medida es el Error cuadrado medio (MSE) que se obtiene al elevar al cuadrado cada uno de los errores y calcular la media de esos valores al cuadrado. Una de las diferencias entre la desviación media absoluta (MAD) o el error porcentual absoluto medio (MAPE) y el error cuadrado medio (MSE) es que castiga mucho más a un pronóstico por desviaciones extremas que por desviaciones pequeñas.	$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}$
<b>Error porcentual</b>	Se obtiene al calcular el error absoluto para cada periodo de tiempo, dividiendo el error absoluto entre el correspondiente valor y	$PE = \frac{X_t - F_t}{X_t} (100)$
<b>Error porcentual medio</b>	luego se multiplica por 100, después se suman todos y en seguida se divide entre el número de valores utilizados y se obtiene el MAPE. Como un por ciento, esta medida es relativa, y es por eso que algunas veces se prefiere el error promedio o la MAD como medida de precisión.	$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n  PE_i }{n}$

Fuente: (Manjarres, s.f.)

### 2.3.3.1 CAUSAS DE IMPRECISIÓN EN LOS MODELOS DE PRONÓSTICOS

Hay diversas razones por las que se puede obtener una imprecisión en el pronóstico. Se pueden considerar las siguientes causas como los principales motivos que causan errores en los resultados. (Gershwin, 2005)

- a) Utilización de datos poco confiables, desactualizados o insuficientes.

Por más moderno que sea el software para realizarlos pronósticos, es de vital importancia la veracidad de los datos. Un error en el inventario puede cambiar completamente los resultados, ya sea que se puso más o menos calidad de un producto. Debido a esto es recomendable tener un segundo método de conteo en estos casos, pudiendo ser manual.

Así mismo, mientras mayor sea la acumulación de datos, resultará en una tendencia más precisa.

b) Utilización de datos de ventas en lugar de datos de demanda real

Es de tomar en consideración el comportamiento de la demanda en los periodos de tiempo y no solo utilizar el promedio de ventas. No darle importancia a este punto afectaría el cálculo de la variabilidad de la demanda.

c) Sesgos en los pronósticos

Un sesgo ocurre cuando hay una demanda sumamente inferior o superior en comparación a las otras demandas obtenidas en los periodos consecutivos. Hay softwares que pueden localizar este error y ver por encima de él. Donde normalmente suelen surgir errores es en métodos de pronósticos más subjetivos y manuales.

d) Velocidad de respuesta al cambio

Aunque la demanda presente una tendencia uniforme, siempre está sometida a fluctuaciones. Las variaciones no se predicen normalmente y puede causar una reacción exagerada en el sistema. Si la respuesta del sistema ante este caso es acelerada, puede ser que la solución dada no es la correcta. Este fenómeno se conoce también como el “nerviosismo” del sistema de pronósticos.

e) Comportamiento de los proveedores o de los sistemas de producción

Los cambios en la demanda afectan a ambas partes, a la empresa y a los proveedores.

Es posible que el proveedor esté en desventaja si se produce un aumento de demanda y este no puede llegar a satisfacerla. Del otro lado, el sistema de predicción de demanda no es alterado, siempre podrá funcionar con los aumentos reales en demanda que se ingresen.

f) Inclusión de datos atípicos de demanda en el pronóstico

En eventos extraordinarios como ser ofertas o una orden especial, puede haber un pico en la demanda. Claramente este pico afectará el pronóstico, los análisis y las estadísticas por lo que debería ser ignorado por el software. No es recomendado borrarlo completamente ya que podría ser utilizado para otras predicciones o caer en la realidad que lo sucedido si es en efecto un cambio en la tendencia.

g) Selección del período del pronóstico

La selección del periodo del pronóstico depende del comportamiento de cada empresa. Es decir, se podría pensar que un análisis diario llevaría consigo un error menor, pero la realidad es que se debe tomar un periodo uniforme. Por ejemplo, la empresa puede vender más los fines de semana, por lo que un análisis diario no sería uniforme, es recomendable uno semanal en esa situación.

h) Otros factores.

Otras posibles fuentes de errores de los pronósticos pueden ser la negación de utilizar pronósticos de parte de la empresa por considerarlos inútiles e inexactos, ó la ignorancia igualmente de la empresa, al pensar que ciertos datos no son significativos. (Frazelle, 2002)

## 2.4 INSTRUMENTOS

Los instrumentos de medición son recursos que utilizan los investigadores para recopilar información sobre sus variables. A su vez, estos son de gran importancia.

Según el ensayo de Psicología y Educación Integral A.C. (2009), la medición es un proceso en donde se asigna un número o marcador a una variable para representar una cantidad o cualidad. (Psicología y Educación Integral A.C., 2009)

Los instrumentos de medición deben contar con dos características esenciales: confiabilidad y validez. Se dice que un instrumento es confiable si al repetir la medición correctamente en cualquier momento por cualquier persona con el mismo instrumento, se obtienen resultados iguales o similares. Por el otro lado, un instrumento es válido cuando mide una variable para la cual está destinado. La discusión de estas características se ampliará en la sección 2.4.2

#### 2.4.1 MATRIZ DE DECISIÓN

Para efectos de este trabajo de investigación se evaluaron técnicas disponibles para lograr objetividad en las decisiones.

Una de ellas es la denominada Matriz de Pugh, en honor a su creador: el británico Stuart Pugh. Pugh fue un reconocido ingeniero de diseño, responsable de acuñar el concepto de diseño total. El diseño total es la actividad sistemática necesaria que va desde la identificación de la necesidad del mercado/usuario hasta la venta exitosa del producto para satisfacerla. Una actividad que abarca productos, procesos, personas y organizaciones. (Cartoceti, 2017)

La Matriz de Pugh “es una herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí mediante una matriz de decisiones”. (Sejzer, 2016) Se emplea en la fase de diseño de productos. Consiste en colocar los criterios a evaluar en las filas de la matriz y los conceptos de diseño en las columnas. En ellas se irá evaluando cada uno de ellos.

Generalmente, se utiliza la matriz para actualizar un producto. Cuando esto ocurre, en la primera columna se colocan referencias del producto actual. Mediante una colaboración grupal se

llena la matriz, comparando las nuevas ideas con las referencias actuales. El diseño de la matriz se verá como la siguiente figura.

**Tabla 9. Matriz de Pugh**

		CONCEPTOS (Alternativas de diseño)						
		Referencia	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5	Diseño 6
CRITERIOS	Criterio 1	REF						
	Criterio 2	REF						
	Criterio 3	REF						
	Criterio 4	REF						
	Criterio 5	REF						

Fuente: (Sejzer, 2016)

La matriz se utiliza de la siguiente manera. Se toma el primer concepto de diseño y se irá analizando criterio por criterio, comparándolo con el valor de referencia. Se asignará un “0”, “+” o “-” en la celda, dependiendo si el nivel es igual, superior o inferior al actual. También, se puede colocar “+1” o “-1”, ya que facilita el momento de la operación matemática.

Al haber analizado todos los diseños, se tomará la opción cuya suma total sea más alta. Esta será nuestra mejora solución. (Sejzer, 2016)

La matriz suele utilizarse con frecuencia en las actividades de planificación para seleccionar un producto, características y objetivos. Al mismo tiempo, es útil para obtener alternativas. (Alfaro, s. f.)

#### 2.4.2 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Como mencionamos al inicio de la sección 2.4, la validez es el grado en el que un instrumento mide lo que pretende medir. Este instrumento de evaluación sirve para determinar que tan importante es la evidencia empírica y datos obtenidos. La validez junto a la fiabilidad determina

la calidad que posee un instrumento. (Urrutia et al., 2013)

El proceso de validación es dinámico y continuo, mediante se profundiza más el tema, adquiere más relevancia. Con base a la literatura existen dos metodologías más utilizadas para validar contenido: comité de expertos y entrevista cognitiva. Por efectos de su aplicabilidad en el tema de investigación se ha seleccionado la metodología de comité de expertos que se explicará a continuación.

### 2.4.3 PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

#### 2.4.3.1 COMITÉ DE EXPERTOS

Es una metodología que consiste en tener un panel de expertos que evaluarán los instrumentos utilizados. Estos jueces son personas con conocimientos profundo y técnicos en el área del tema. “Esta metodología es la más usada para realizar la validación de contenido.” (Urrutia et al., 2013)

Para realizar esta metodología, se debe tener claro si el problema puede ser medido y si se cuenta con las personas expertas en el área. Como se dijo arriba, cada juez debe contar con conocimientos suficientes y unas literaturas piden que tengan mínimo cinco años de experiencia en el área.

En su artículo “Métodos óptimos para determinar validez de contenido”, (Urrutia 2013) hace un apartado donde toma en cuenta la cantidad de expertos con los que debe contar el panel según varios autores:

Delgado y otros señalan que deben ser tres, como mínimo, mientras que García y Fernández, al aplicar variables estadísticas, concluyeron que la cantidad ideal varía entre 15 y 25 expertos; sin embargo, Varela y otros, señalan que el número dependerá de los objetivos del estudio, con un

rango entre 7 y 30 expertos. (Urrutia et al., 2013)

Al tener definidas las personas, se prosigue a invitarlos a formar parte de nuestra evaluación y se trabaja en la matriz de clasificación, donde cada juez determinará el grado de validez de cada pregunta.

Para elaborar la matriz, se utiliza la escala Likert de tres, cuatro o cinco puntos. Las posibles respuestas pueden ser “bueno, muy bueno excelente” o por el otro lado, “malo, muy malo, pésimo”. Las respuestas dependerán del propósito que el investigador tenga para su proyecto.

Posteriormente, se le envía a los jueces la matriz junto con el instrumento a evaluar y se espera respuesta de ellos.

Al recibir los resultados, se analizan. El análisis más común consiste en revisar cada ítem y si el 80% de los jueces tienen concordancia en su respuesta, es aceptable. Al no ser aceptable el ítem, se somete a otra evaluación o es descartado.

#### 2.4.4 CRITERIOS DE LA MATRIZ DE DECISIÓN

Según lo mencionado en 2.3.3.3 sobre los criterios a evaluar en el software, ampliaremos la conceptualización respecto a los criterios funcional, técnico y financiero a desarrollar en la matriz de decisión que será revisada y avalada por el panel de expertos.

**Tabla 10. Criterios a evaluar del software**

<b>Criterios</b>	<b>Nivel de importancia</b>	<b>Definición</b>	<b>Criterios evaluados</b>	<b># Item</b>
<b>Funcional</b>	<b>3</b>	El Diseño Funcional en un software se necesita para conocer la operatividad un producto, el cual debe resultar la satisfacción a las necesidades del usuario final y los requerimientos de la empresa. Trabajar sobre un diseño funcional, es describir claramente y de manera precisa el objetivo de la funcionalidad del producto , dado que es parte de las especificaciones del sistema para obtener los resultados deseados.	Seguridad e Integridad Confiabilidad Usabilidad	11
<b>Técnico</b>	<b>2</b>	En lo técnico se evalúan los requerimientos del software, que son los que el fabricante de este ofrece para que su programa pueda ejecutarse correctamente. también se debe analizar y conocer los requerimientos de hardware para que el software se ejecute de la forma correcta.	Soporte Técnico Adaptabilidad Trayectoria del proveedor	5
<b>Financiero</b>	<b>3</b>	La parte financiera juega un factor determinante en la toma de decisión para adquirir un software, ya que se considera una inversión que afectara el flujo de efectivo de la compañía, pero busca obtener un beneficio en la optimización de los procesos y minimización de costos ocultos.	Costos por implementación Post- Implementación Licencias adicionales	3

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

En los Capítulos I y II se expone sobre el planteamiento del problema y el marco teórico que respalda el desarrollo de esta investigación. Este capítulo muestra la metodología seguida para la realización de esta tesis: “Selección de una herramienta de pronóstico de demanda de producción para la empresa Tres Valles”.

Entre algunos de los elementos que están comprendidos en este capítulo se encuentran los siguientes: Congruencia metodológica, Esquema de Operacionalización de las variables, Hipótesis de investigación, Enfoques y métodos empleados, Diseños de la investigación, las técnicas e instrumentos y las fuentes de información utilizadas a lo largo del desarrollo del proyecto investigación.

### **3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA**

Esta sección muestra la relación que existe entre el problema planteado, las preguntas de investigación y los objetivos generales y específicos planteados en el capítulo primero. El propósito de este análisis es corroborar que los objetivos estén en concordancia y den respuesta al problema planteado

**Tabla 11. Congruencia metodológica**

Problema	Preguntas de Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variable Dependiente
¿Qué herramienta de pronóstico de demanda de producto brinda un mejor nivel de precisión para la Empresa?	1. ¿Cuál es la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa?	Seleccionar una herramienta de pronóstico de demanda de producto que brinde un mejor nivel de precisión para La Empresa.	1.Determinar la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa.	Demanda Real	Error del Pronóstico
	2. ¿Cuáles son los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción, que ayuden a definir el más adecuado con base a su nivel de precisión?		2.Conocer los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción, para definir el más adecuado con base a su nivel de precisión.		
¿Qué herramienta de pronóstico de demanda de producto brinda un mejor nivel de precisión para la Empresa?	3.¿Qué herramientas de pronóstico se adaptan a los criterios de selección propuestos?	Seleccionar una herramienta de pronóstico de producto que brinde un mejor nivel de precisión para La Empresa.	3.Evaluar las herramientas de pronóstico que se adapten a los criterios de selección propuestos.	Demanda Real	Error del Pronóstico
	4¿Cuál sería el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para la medición de la precisión del pronóstico de demanda??		4.Crear el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para medición de la precisión del pronóstico de demanda.		

Fuente: Elaboración propia

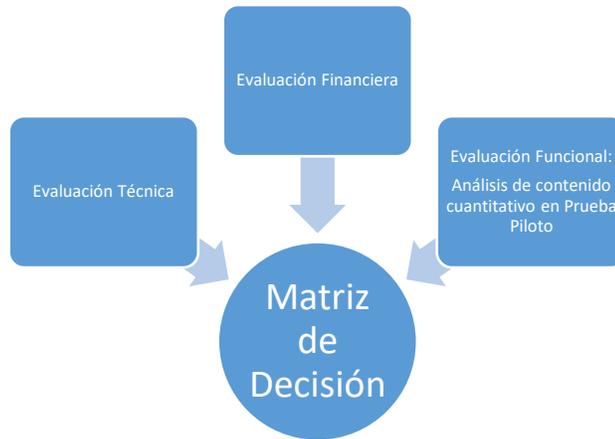
Como se observa en el cuadro anterior se tiene congruencia en cada elemento de la investigación, este análisis nos proporciona una secuencia lógica en cada parte delimitando claramente el camino a seguir para encontrar la respuesta al problema planteado.

### 3.1.1 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Según (Hernández-Sampieri et al., 2010) define una variable como “una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. El concepto de variable se aplica a personas y otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. Las variables adquieren valor para la investigación cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría”.

El problema planteado está compuesto de tres variables principales, que están derivadas de la teoría general de cálculo de pronóstico. Tal como lo detalla la sección 2.3 se tienen tres variables principales las variables están formadas de dimensiones e indicadores que profundizan el tema de investigación. El propósito de esquematizar las variables es guiar la aplicación de métodos y técnicas de indagación para posteriormente obtener las respuestas del problema planteado.

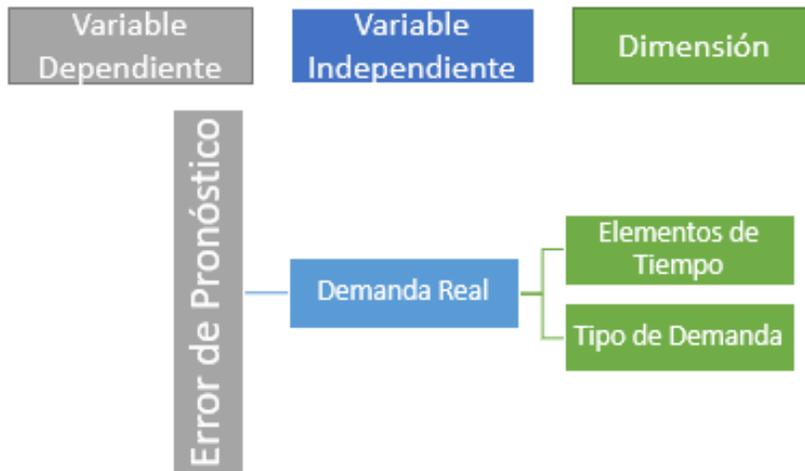
La técnica de matriz de decisión servirá para determinar que herramienta será la seleccionada a través de la ponderación de elementos importantes definidos en el marco teórico, y que tienen una influencia como variables independientes sobre nuestra variable dependiente en estudio. Es por lo que la matriz de decisión tendrá los siguientes componentes que están relacionados a cada una de las variables:



**Figura 68. Componentes de la matriz de decisión para investigación**

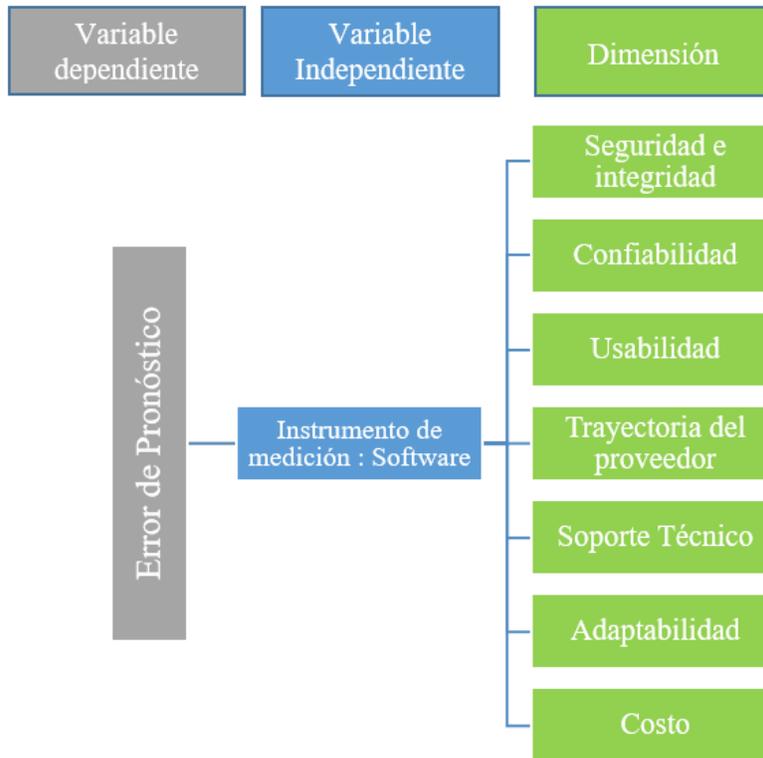
Figura: Elaboración propia

En los siguientes diagramas se resume cada variable del estudio con sus dimensiones:



**Figura 69. Variables de estudio y sus dimensiones**

Figura: Elaboración propia.



**Figura 70. Relación de una variable independiente y sus dimensiones con la dependiente**

Figura: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se describen los tipos de variables, preguntas y técnicas que se utilizarán para la obtención de la información de la investigación.

**Tabla 12. Tipos de variable, preguntas y técnicas**

INDEPENDIENTE Tipo	Variable	Definición		Dimensión	Indicador componente	Pregunta de Investigación	Respuestas	Escala	Técnica				
		Conceptual	Operacional										
Independiente	Demanda Real	según Kotler & Armstrong (2008), son deseos y necesidades de los consumidores por servicios cuyos beneficios les ofrecen la mayor satisfacción y que están respaldadas por el poder adquisitivo que poseen	Cantidad de unidades recibidas en el periodo establecido	Elementos de Tiempo	Periodo	P.1. ¿Cuál es la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa?	Continua	Razón	Teoría Fundamentada				
				Tipo de Demanda	Horizonte								
	Coefficiente de Variación												
	Instrumento de Medición (Software de Pronóstico)	Según Tamayo (2017) define a El software de pronóstico como: "Un paquete independiente que se utiliza para generar pronósticos utilizando, ya sea un modelo predictor seleccionado o una característica incorporada (llamado por lo general sistema experto) automático" (p.41)	Herramienta informática que utilizará los datos de demanda para proveer el pronóstico	Funcional: Seguridad Confiabilidad Usabilidad	Certificación	P.2.2. ¿Cuáles son los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción en las herramientas seleccionadas que nos ayuden a valorar los aspectos funcionales de cada una con base a su nivel de precisión?	Politómica	Intervalo	Evaluación Funcional Matriz de decisión				
					Integridad			Intervalo					
					Fiabilidad			Intervalo					
					Precisión			Intervalo					
					Respaldo			Intervalo					
					Facilidad de Aprendizaje			Intervalo					
					Eficiencia			Intervalo					
					Flexibilidad			Intervalo					
					Recordabilidad			Intervalo					
					Satisfacción			Intervalo					
					Técnico: Trayectoria del Proveedor Soporte Técnico Adaptabilidad			Experiencia		P.3. ¿Qué herramientas de pronóstico se adaptan a los criterios de selección propuestos?	Politómica	Intervalo	Evaluación Técnica Matriz de decisión
								Soporte				Intervalo	
								Respuesta Interoperabilidad				Intervalo	
Portabilidad								Intervalo					
Financiero: Costo	Adquisición		Politómica	Intervalo	Evaluación Económica Matriz de decisión								
	Post-Implementación			Intervalo									
	Licencias			Intervalo									

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. Continuación Tabla 12**

Tipo	Variable	Definición		Dimensión	Indicador componente	Pregunta de Investigación	Respuestas	Escala	Técnica
		Conceptual	Operacional						
Dependiente	Errores de Pronóstico	"El error de pronóstico como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico calculado en algún periodo anterior al observado" (Holguín, 2017, p.79).	La cantidad de unidades en demanda real del producto menos la cantidad de unidades pronosticadas para ese periodo	MAD	Promedio de Errores Absolutos	P.4 . 4.¿Cuál sería el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para medición de la precisión del pronóstico de demanda ?	Continua	Razón	Análisis de contenido cuantitativo en Prueba Piloto
					Número de Periodos (n)				
				ECM	Promedio de los errores cuadráticos		Continua	Razón	Análisis de contenido cuantitativo en Prueba Piloto
					Número de Periodos (n)				
				MAPE'	Promedio de los errores porcentuales sobre Pronóstico		Continua	Razón	Análisis de contenido cuantitativo en Prueba Piloto
					Número de Periodos (n)				

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 HIPÓTESIS

A continuación, se procede a desarrollar la hipótesis de investigación. “Las hipótesis son las guías para una investigación o estudio. Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. De hecho, son respuestas provisionales a las preguntas de investigación”. (Hernández-Sampieri et al., 2010) Las hipótesis correlacionales especifican las relaciones entre dos o más variables, corresponden a los estudios correlacionales y establecen la asociación entre dos variables de estudio (Abreu, 2016).

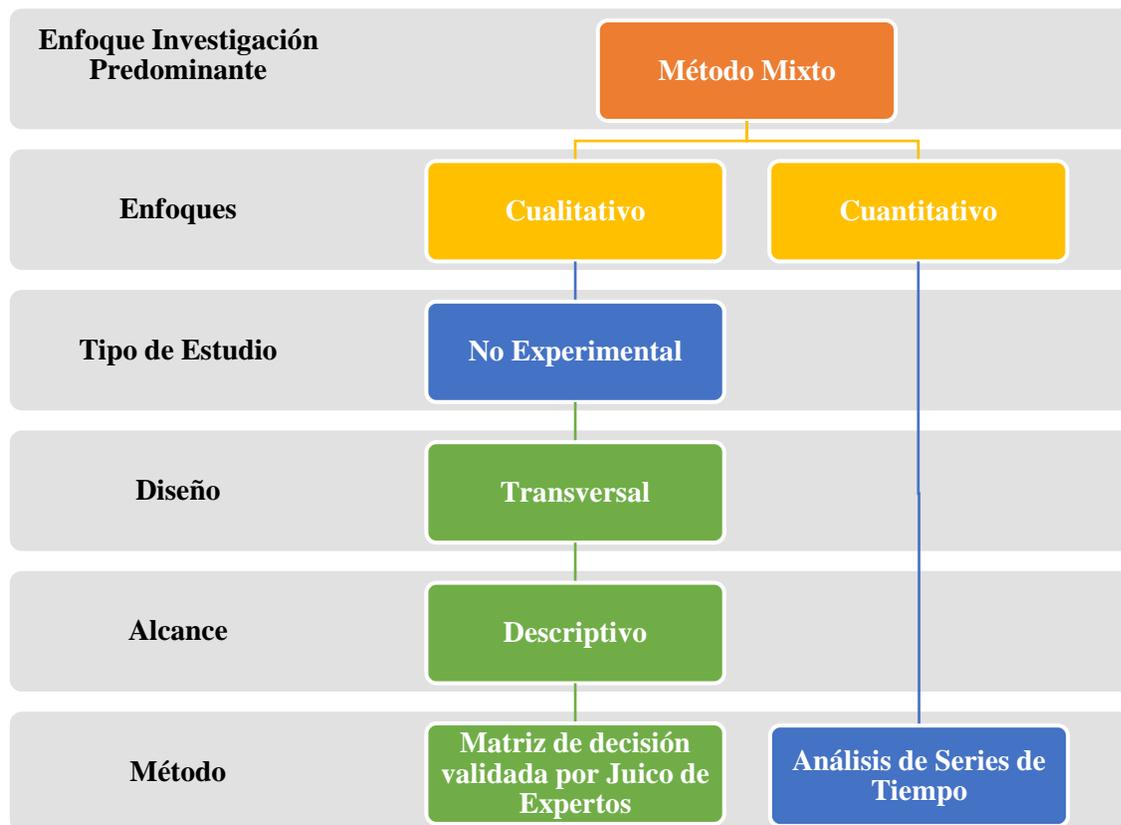
La hipótesis nula es, en cierto modo, el reverso de las hipótesis de investigación. También constituyen proposiciones acerca de la relación entre variables, solo que sirven para refutar o negar lo que afirma la hipótesis de investigación. (Hernández-Sampieri et al., 2010)

**Ho: No** existe una herramienta de software de pronóstico cuya precisión medida a través del error MAPE sea menor o igual al 20% utilizado como meta interna para planificar la demanda de la principal categoría de exportación de la Empresa.

**Hi: Existe** una herramienta de software de pronóstico cuya precisión medida a través del error MAPE sea menor o igual al 20% utilizado como meta interna para planificar la demanda de la principal categoría de exportación de la Empresa.

### 3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

El método utilizado en la presente investigación es de carácter científico. Con el propósito de lograr una perspectiva más amplia y profunda del problema, el enfoque seleccionado es el enfoque mixto. Una combinación de lo cualitativo como cuantitativo permitirá abordar el problema en estudio con las bondades de cada enfoque. Un enfoque cuantitativo, usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y los análisis estadísticos, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Un enfoque cualitativo, utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación. (Hernández-Sampieri et al., 2010)



**Figura 71. Enfoque y M3todo de Investigaci3n**

Fuente: Elaboraci3n propia.

La Fig. 71 muestra el enfoque y método que se emplea para llevar a cabo la presente investigación. Como anteriormente se mencionó anteriormente esta investigación tiene un enfoque mixto para ampliar y profundizar en la problemática de estudio, tal como lo explica (Sampieri et al., 2014) citando a Chen 2006 este enfoque permite la integración de los métodos cuantitativos y cualitativos, en algunos estudios incluso prevalecen las técnicas de uno u otro; en este estudio el enfoque que domina es el cualitativo, mediante la técnica de juicio de expertos se logra conocer la lógica y criterios del fenómeno desde la perspectiva que dicta la experiencia de los participantes (expertos) quienes utilizan la matriz de decisión para comentar sobre la pertinencia de los criterios utilizados para seleccionar la herramienta de pronóstico y calificar el nivel de importancia de los mismos, como reformular en el caso necesario la estructura y aspectos a evaluar..

En el el tipo de estudio es no experimental ya que no se puede manipular las variables. El diseño de la investigación es transversal, es decir que se obtiene información del objeto de estudio (población o muestra) una única vez en un momento dado. Según (Briones 1985), estos estudios son especies de “fotografías instantáneas” del fenómeno objeto de estudio. En este caso se obtiene de los datos históricos tomados en un momento dado.

El alcance del estudio es descriptivo la investigación tiene el propósito únicamente de medir o recoger información de manera independiente o conjunta de las variables de estudio y al contrario no pretende mostrar o examinar la relación entre variables o resultados de variables. Su principal soporte es el instrumento de medición validado por el Juicio de Expertos que es la matriz de decisión y se soporta por el enfoque cuantitativo en el uso de herramientas estadísticas como parte de la matriz de decisión que evaluará el análisis de series de tiempo para los métodos cuantitativos de pronóstico.

### 3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. Los diseños son estrategias con las que intentamos obtener respuestas a preguntas como: contar, medir y describir. El diseño de investigación estipula la estructura fundamental y especifica la naturaleza global de la intervención.

La metodología propuesta para el diseño de una herramienta de pronósticos para la principal categoría de exportación de la empresa y una medición de su precisión que se presenta en este capítulo esta con base a los pasos definidos en el círculo de Deming o comúnmente conocido como ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), utilizando estos pasos de mejora continua, se formula la siguiente metodología integrada por las siguientes etapas. Estas etapas buscan que el proceso establecido para cálculo y análisis del pronóstico en la empresa objeto de estudio sea sistemático y adicional sea un proceso de mejora continua.

En la Tabla 14 se muestra la estrategia consolidada que se implementará para cumplir con la investigación y se definen las etapas del proceso propuesto.

Dichas etapas se compilan en las siguientes estrategias:

Tabla 14. Estrategia para la investigación

PASO	Estrategia	Tarea	No	Actividades	Recursos		Tiempo de Ejecución	Responsables
					Humanos	Materiales		
PLANEAR	Recopilación de Datos y Análisis de Información	Revisar estado actual del pronóstico y demanda recopilar los datos	1.1	Prepara los datos y Realizar Clasificación ABC	2 personas	2 computadoras	4 horas	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			1.2	Seleccionar los datos históricos	1 persona	1 computadora	1 día	Liscien Altamirano
			1.3	Tratar datos atípicos	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
HACER	Defición de los Parámetros Técnicos	Seleccionar requerimientos Técnicos	2.1	Seleccionar método de pronóstico acorde a tipo de Demanda	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.2	Definir parámetros	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.3	Seleccionar la medida del error	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
	Matriz de Decisión para Selección de Software	Evaluar y Seleccionar el Instrumento de Medición	2.4	Elaboración de Matriz de Decisión	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.5	Revisión de Matriz de Decisión	1 persona		30 minutos	Asesor Técnico
			2.6	Selección del Equipo para Panel de Expertos	1 persona		2 horas	Liscien Altamirano
			2.7	Ejecutar prueba piloto	2 personas	Software	3 días	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.8	Documentar los resultados de la prueba piloto	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.9	Aplicación de Matriz de Decisión	3 personas para el Panel de Expertos	Matriz de Decisión 1 Computadora	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			2.10	Tabulación y Validación de Resultados	2 personas	Matriz de Decisión 2 Computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
VERIFICAR	Prueba de Validación	Verificar el funcionamiento y Ajustar	3.1	Verificar el funcionamiento de la herramienta seleccionada haciendo el comparativo del proceso actual y el obtenido en la herramienta	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
			3.2	Análisis de los resultados	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo
ACTUAR	Selección Final	Recomendar	4.1	Recomendar los ajustes necesarios después de obtener los resultados de la validación	2 personas	2 computadoras	1 día	Liscien Altamirano Eylee Vallecillo

Figura: Elaboración propia.

### 3.3.1 POBLACIÓN

Para Hernández-Sampieri, "una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones".

La población del presente trabajo de investigación consiste en los datos históricos de la demanda real del 2018 al 2019 para todos los programas de la categoría principal de exportación aquí llamada Clase A. La cual se detalla en la sección 4.2.3 al explicar el proceso de la demanda real.

Dicha población cuenta con un total de 10,315 datos individuales.

**Tabla 15. Población**

PROGRAMA	2018	2019	Grand Total
A1	580	938	1,518
A2	240	651	891
A3	515	1,740	2,255
A4	378	1,391	1,769
A5	380	1,257	1,637
BX	176	2,065	2,241
X	4		4
<b>Grand Total</b>	<b>2,273</b>	<b>8,042</b>	<b>10,315</b>

Fuente: Elaboración propia, tomado de los máster de producción con históricos del 2018 al 2019

### 3.3.2 MUESTRA

En el proceso cualitativo, es un grupo de personas, eventos sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se habrá de recolectar los datos sin que necesariamente sea representativo del universo o población que se estudia, también en el libro de Hernandez-Sampieri, no siempre se tendrá una muestra en una investigación. (Hernández Sampieri, 2010)

La muestra utilizada para la población total de datos se hará aplicando criterios de selección de datos basados en el proceso de análisis de pronóstico que consistirán en: Clasificación ABC,

Análisis de Pareto para los estilos de la Clase A y el análisis de datos atípicos o continuidad basado en su nivel de desviación estándar.

Por lo que los datos a estudiar en la muestra que se detalla con más amplitud en la sección 4.2.7 tendrá un total de 1,397 datos de los cuales los 492 del 2018 serán la base para los cálculos de pronóstico.

**Tabla 16. Muestra**

Categoría	SKU	Programa	2018	2019	Total
Clase A	727982	A1	188	177	365
	727980	A1	33	133	166
	AQ3210	A1	113	160	273
	AR5307	A2	41	258	299
	718833	A1	61	107	168
	718839	A1	39	34	73
	718837	A1	17	36	53
<b>Total</b>			<b>492</b>	<b>905</b>	<b>1,397</b>

Fuente: Elaboración propia , tomado de los máster de producción con históricos del 2018 al 2019

Dichos datos de muestra serán sometidos a la prueba de normalidad y haciendo uso de la Teoría del Limite Central se agruparán para una distribución normal, obteniendo así 12 datos mensuales para el año 2018 de la demanda real.

### 3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

Se define como cualquier individuo, institución, comunidad u otro elemento que forma parte de la población y del cual se busca recopilar información. se contempla en esta investigación como unidad de análisis las variables independientes que en este caso sería: La demanda real del periodo a analizar junto con el instrumento de medición o software que determinará el método de

pronóstico, el análisis de ambas en conjunto nos determinará el objetivo principal de esta investigación.

#### 3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA

Esta directamente relacionadas con la variable dependiente de este estudio de investigación la cual se medirá en base al error de pronóstico al momento de calcular la demanda por medio de la herramienta de pronóstico seleccionada.

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga. Por lo tanto, las técnicas son procedimientos o recursos fundamentales de la recolección de informaciones, de los que se vale el investigador por acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento. (Hernández-Sampieri et al., 2010)

#### 3.4.1 INSTRUMENTOS

El instrumento utilizado para la realización de esta investigación es La Matriz de Pugh “es una herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí mediante una matriz de decisiones”. (Sejzer, 2016).

Dicha Matriz de decisión será evaluada por el juicio de expertos que darán comentarios para verificar si el criterio de selección de software propuesto es el adecuado para la selección de herramientas de pronóstico de demanda de producción, adicional sus comentarios pueden reformular la pregunta que evalúa el indicador de dicho criterio, adicionalmente ellos sugerirán la

ponderación del nivel de importancia en una escala del uno al tres y dan sus comentarios al respecto.

Posteriormente se modificará y ajustará una nueva matriz considerando el punto de vista de los expertos y colocando el nivel de importancia sugerido por los mismos expertos para después proceder con la evaluación realizada por los investigadores que ponderaran la calificación del uno al cinco y el resultado total será la ponderación de ese criterio multiplicado por su nivel de importancia para obtener la puntuación ponderada total.

#### 3.4.2 TÉCNICA

Las técnicas de recolección de datos son las estrategias que utiliza el investigador para recolectar información sobre un hecho o fenómeno. Estas varían de acuerdo con el tipo de investigación, pueden ser: encuestas, observación, análisis documental, entre otras. (Hernández-Sampieri et al., 2010)

La técnica utilizada fue la matriz de decisión, la cual fue evaluada por medio de un panel de expertos, especializados en el rubro de sistemas y de planificación de la demanda, quienes analizaron y revisaron la información presentada, realizaron sugerencias como ser, adicionar preguntas relacionadas al tema de seguridad, funcionabilidad y de costos, se sugiero cambiar los criterios y trabajarlos en base a tres siendo estos, funcional, técnico y financiero. considerados importantes al momento de evaluar un software que se adecue a las necesidades de la empresa.

La información fue enviada por correo electrónico para evaluación y consideración de los expertos, posterior se realizo una conferencia donde se nos explicó los puntos de vista de ellos y las razones por las cuales se sugerían los cambios (contemplados en la nueva matriz de decisión).

Durante la investigación se utilizan las siguientes técnicas:

1. Análisis de contenido cuantitativo de una prueba piloto: Se utilizará el software como instrumento de medición que arrojará los valores y datos técnicos necesarios para la evaluación de los resultados cuantitativos de las diversas pruebas de pronóstico que se tendrán que aplicar.
2. Evaluación técnica: A través de la simulación se evaluará que las herramientas cuenten con los métodos cuantitativos necesarios para poder seleccionar correctamente la herramienta de pronóstico.
3. Análisis de flujo de procesos: Para determinar qué pasos deben seguirse en la prueba piloto del instrumento de medición.
4. Evaluación Económica: Con el fin de determinar el aspecto de costo que requiere la inversión de una herramienta de pronóstico.

### 3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información que se emplearon en la investigación fueron primarias y secundarias.

#### 3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias constituyen los documentos, informes y estudios de primera mano que se obtienen por el contacto directo con el sujeto de estudio. Las fuentes primarias de esta investigación son las siguientes:

1. Demanda real de la empresa

## 2. Pronóstico del cliente

### 3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias interpretan y analizan fuentes primarias. Las fuentes secundarias son textos basados en fuentes primarias, e implican generalización, análisis, síntesis, interpretación o evaluación. (Wigodski, 2010)

1. Libros de Consulta
2. Trabajos de Tesis
3. CRAI UNITEC.
4. E-Libro

### 3.6 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Se establecen las siguientes limitantes que de una u otra forma fueron impases en la búsqueda y desarrollo de la investigación:

1. Tiempo
2. Uso de un simulador
3. Carencia de información del tema en el país
4. Situación actual de mundo
5. Situación actual climatológicas del país
6. Alcance muy amplio

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En el presente capítulo se dan a conocer los resultados del estudio en investigación, aplicando la matriz de decisión como unidad de análisis y desarrollando cada una de las variables de estudio de esta investigación, en donde se podrá ver las etapas desarrolladas para el análisis del proceso actual de la empresa y el análisis detallado de la información histórica de la demanda para poder definir el pronóstico que se obtendrá en las diferentes herramientas.

Para el análisis del pronóstico se cuenta con una base de datos suministrada por la empresa estudiada correspondiente a los doce meses del año 2018, así como los datos del 2019 las razones de tomar estos años como objeto de estudio se detallarán en el capítulo.

Durante el desarrollo del capítulo se describirá el proceso para definir el Instrumento de medición utilizado, también se hará el análisis de la precisión del modelo actual de pronóstico en la empresa, así como posteriormente se desarrollará los diferentes métodos de pronóstico en las herramientas definidas en este trabajo de investigación con el fin de evaluar en el instrumento cual de ellas se adecua mejor a las necesidades de la empresa con base a los resultados obtenidos.

Una vez concluido el presente capítulo, se podrá definir si la herramienta seleccionada con la ayuda del Instrumento cumple con el objetivo de brindar un pronóstico con mayor nivel de precisión.

### **4.1 COMPARACIÓN ENTRE UNIDAD DE ANÁLISIS Y LA ENCUESTA**

La matriz fue analizada y revisada por un grupo de expertos previamente seleccionados. Seleccionados según su capacidad y trayectoria laboral, los expertos son los siguientes:

**Tabla 17. Tabla de expertos**

Experto No. 1: Arquímides Lagos Arnold	Profesión: Ingeniero en Sistemas  Trayectoria: 10 años de experiencia en el rubro de sistemas
Experto No. 2: José Amilcar Orellana	Profesión: Máster en Finanzas  Trayectoria: 10 años de experiencia en Planificaión de la demanda
Experto No.3: Keila Romero	Profesión: Ingeniero Industrial  Trayectoria: 10 años de experiencia como Analista de planificación de la demanda

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los resultados de la matriz, como también los cambios sugeridos por los expertos.

**Tabla 18. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 1**

Criterios	Retroalimentación del nivel de importancia		
	Opinión : Experto 1		
	Comentario acerca del criterio de selección	Puntuación	Comentario
<p>Funcionalidad o Requerimientos Técnicos del Software: Métodos Cuantitativos</p> <p>¿El software cuenta con las siguientes funciones de análisis de series de tiempo?</p> <p>Promedio Móvil</p> <p>Suavizamiento Exponencial Simple</p> <p>Simple Suavizamiento Exponencial Doble (Holt)</p> <p>Método de Winters (Triple)</p> <p>Método de Croston</p> <p>Regresión Lineal Simple</p> <p>Regresión Lineal Múltiple</p>	<p>Este criterio se debe replantear, la matriz pretende evaluar sistemas que procesaran información sensible y crítica por lo que se deben enfocar: primeramente, en: los criterios: seguridad, integridad de la información (consistencia de la base de datos, por ejemplo). por otra parte, la parte financiera juega un factor determinante en ello. Entonces cuando estamos comprando un programa vemos los requerimientos que se tienen en la empresa y si se ajusta a la necesidad de esta, por ende, la matriz se puede evaluar en tres criterios, Funcional, Técnico y Financiero.</p>	3	<p>Es necesario que tengan un Software que solucione el problema que se tiene sobre pronóstico de la demanda de la producción.</p>
<p>Confiabilidad</p> <p>¿La información que entrega la herramienta parece fidedigna?</p>		3	<p>Los resultados son la base de las decisiones a tomar.</p>
<p>Usabilidad</p> <p>Facilidad de Aprendizaje: ¿Es fácil de usar la herramienta?</p> <p>Eficiencia: ¿Los cálculos, tablas y figuras que realiza la herramienta. son rápidos?</p> <p>Recordabilidad : ¿La herramienta permite guardar datos históricos?</p> <p>Satisfacción: ¿ Le parece que la herramienta brinda resultados útiles?</p>	<p>Pienso que la pregunta 4 sobre satisfacción se puede redactar de la siguiente manera</p> <p>El software hace lo que se le pide ?</p>	3	<p>Todo debe ser amigable hoy en día para su utilización rápida del colaborador y analista de resultados.</p>
<p>Confiabilidad de proveedor</p> <p>Proximidad: ¿El proveedor cuenta con presencia dentro de la región?</p> <p>Experiencia: ¿El proveedor cuenta con clientes conocidos dentro de la Industria?</p>	<p>Cambiaría la pregunta dos, qué implementaciones exitosas hay en el sector hondureño?</p>	2	<p>La experiencia positiva en resultados reales con empresas conocidas nos da seguridad de funcionalidad.</p>
<p>Soporte Técnico</p> <p>¿El proveedor cuenta con soporte técnico?</p> <p>¿El tiempo de respuesta del soporte es el adecuado?</p>	<p>Cambiaría la pregunta dos en cuanto es el tiempo de respuesta para el soporte técnico</p>	3	<p>El tiempo de respuesta que demore en solución de problemas o dudas del sistema es crucial, tiempo es dinero en todos sus aspectos en la industria.</p>
<p>Adaptabilidad</p> <p>¿Puede el software interactuar con el sistema ERP de la compañía?</p>	<p>Agregaría una pregunta más</p> <p>Que especificaciones de hardware se requieren para la instalación del software</p>	1	<p>La interacción debe ser total, diferencias entre estas harán el software problemático.</p>
<p>Costo</p> <p>¿El precio anual de adquisición de la herramienta le parece adecuado?</p> <p>¿Los costos post-implementación de la herramienta le parecen justos?</p>		3	<p>Los resultados que mejoren el rendimiento global de la empresa tienen su riesgo pero no deberá ser impedimento cuando se selecciona un problema que afecta los costos de esta.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 2**

Criterios	Retroalimentación del nivel de importancia		
	Opinión : Experto 2		
	Comentario acerca del criterio de selección	Puntuación	Comentario
<p>Funcionalidad o Requerimientos Técnicos del Software: Métodos Cuantitativos</p> <p>¿El software cuenta con las siguientes funciones de análisis de series de tiempo?</p> <p>Promedio Móvil</p> <p>Suavizamiento Exponencial Simple</p> <p>Simple Suavizamiento Exponencial Doble (Holt)</p> <p>Método de Winters (Triple)</p> <p>Método de Croston</p> <p>Regresión Lineal Simple</p> <p>Regresión Lineal Múltiple</p>	<p>Las preguntas se pueden replantear de la siguiente manera:</p> <p>Tiene el Software una norma de calidad ?</p> <p>Cuenta con un sistema de autenticación y protección de datos?</p>	2	<p>La interacción de los diferentes métodos de predicción y estadísticos de una manera confiable y segura, con resultados que nos den espacio a la calidad esos números arrojados y seguridad en cuanto a su uso son esenciales, no se debe adquirir software que no tenga los mismos en su mayoría.</p>
<p>Confiabilidad</p> <p>¿La información que entrega la herramienta parece fidedigna?</p>		3	<p>Debe ser alta, la producción y empresa en general se verá afectada por los resultados certeros que genere.</p>
<p>Usabilidad</p> <p>Facilidad de Aprendizaje: ¿Es fácil de usar la herramienta?</p> <p>Eficiencia: ¿Los cálculos, tablas y figuras que realiza la herramienta. son rápidos?</p> <p>Recordabilidad : ¿La herramienta permite guardar datos históricos?</p> <p>Satisfacción: ¿ Le parece que la herramienta brinda resultados útiles?</p>	<p>Sugiero cambiar la primera pregunta es fácil y cómodo de manejar ?</p>	3	<p>El tiempo invertido en capacitación tanto de usuarios y personal que trabajara con resultados, el poder obtener los mismos de manera que puedan migrar a tablas para poder ser trabajados es muy importante porque da las herramientas para correcta interpretación y aplicación practica de lo que arroje.</p>
<p>Confiabilidad de proveedor</p> <p>Proximidad: ¿El proveedor cuenta con presencia dentro de la región?</p> <p>Experiencia: ¿El proveedor cuenta con clientes conocidos dentro de la Industria?</p>	<p>La pregunta número uno no es relevante, por lo que se puede quitar.</p>	2	<p>Día a día surgen nuevos oferentes de soluciones, unos confiables y otros no conocidos, el saber de rendimientos de sus productos es importante</p>
<p>Soporte Técnico</p> <p>¿El proveedor cuenta con soporte técnico?</p> <p>¿El tiempo de respuesta del soporte es el adecuado?</p>		2	<p>El ticket enviado debe tener respuesta rápida, son decisiones grandes las que se toman y el tiempo es crucial</p>
<p>Adaptabilidad</p> <p>¿Puede el software interactuar con el sistema ERP de la compañía?</p>		1	<p>Es complicar la integridad y el tiempo de recuperación de la inversión el adaptar el software comprado, se solucionaría, pero nos cuesta tiempo que no queremos perder.</p>
<p>Costo</p> <p>¿El precio anual de adquisición de la herramienta le parece adecuado?</p> <p>¿Los costos post-implementación de la herramienta le parecen justos?</p>		3	<p>Los costos se reuperan al tener una correcta selección de software, toda inversion tendra obstaculos, pero si conlleva a mejora fundamental en la vida de la empresa es necesario realizarla.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20. Matriz de decisión con los comentarios realizados por Experto No. 3**

Criterios	Retroalimentación del nivel de importancia		
	Opinión : Experto 3		
	Comentario acerca del criterio de selección	Puntuación	Comentario
<p>Funcionalidad o Requerimientos Técnicos del Software: Métodos Cuantitativos</p> <p>¿El software cuenta con las siguientes funciones de análisis de series de tiempo?</p> <p>Promedio Móvil</p> <p>Suavizamiento Exponencial Simple</p> <p>Simple Suavizamiento Exponencial Doble (Holt)</p> <p>Método de Winters (Triple)</p> <p>Método de Croston</p> <p>Regresión Lineal Simple</p> <p>Regresión Lineal Múltiple</p>		2	Se debe contar con métodos conocidos que se sabe encaminan a obtener lo que se busca obtener. Las herramientas que tendrá el sistema es el indicador indudable si nos será útil o no.
<p>Confiabilidad</p> <p>¿La información que entrega la herramienta parece fidedigna?</p>	Agregaría una pregunta mas ¿Tiene el sistema la opción de recuperación de datos?	3	Por definición debemos tener confianza en los resultados que arroje sumando comparación entre diferentes métodos usados por el mismo para su comprobación cruzada de lógica en sus resultados.
<p>Usabilidad</p> <p>Facilidad de Aprendizaje: ¿Es fácil de usar la herramienta?</p> <p>Eficiencia: ¿Los cálculos, tablas y figuras que realiza la herramienta. son rápidos?</p> <p>Recordabilidad : ¿La herramienta permite guardar datos históricos?</p> <p>Satisfacción: ¿ Le parece que la herramienta brinda resultados útiles?</p>	Agregaría dos preguntas mas : el Software evalúa las principales funciones de series de tiempo de los modelos cuantitativos? A cerca de flexibilidad, ¿Se adapta el Software a las necesidades de la empresa? ¿Y se pueden añadir opciones adicionales?	3	El personal del área debe tener características tanto profesionales como personales que conllevaran tener una rápida integración del mismo a la operación actual de la empresa.
<p>Confiabilidad de proveedor</p> <p>Proximidad: ¿El proveedor cuenta con presencia dentro de la región?</p> <p>Experiencia: ¿El proveedor cuenta con clientes conocidos dentro de la Industria?</p>	Cambiar el criterio de la confiabilidad a trayectoria del proveedor	2	Aspecto que nos guía a saber si funciona en operaciones reales, corroborar con empresas que manejan software del proveedor, será un buen indicador de la utilidad que esperemos del software.
<p>Soporte Técnico</p> <p>¿El proveedor cuenta con soporte técnico?</p> <p>¿El tiempo de respuesta del soporte es el adecuado?</p>		2	Mejor tiempo de respuesta más tiempo para trabajar en análisis y resultados.
<p>Adaptabilidad</p> <p>¿Puede el software interactuar con el sistema ERP de la compañía?</p>		1	La integración debe ser sencilla y sin necesidad de trastocar lo que se tiene para que funcionen juntos, puede en alguna forma entorpecer lo que se tiene de software.
<p>Costo</p> <p>¿El precio anual de adquisición de la herramienta le parece adecuado?</p> <p>¿Los costos post-implementación de la herramienta le parecen justos?</p>	Es importante conocer el costo si se requiere de licencias adicionales, para que se considere como una pregunta adicional.	3	Aunque sea una línea que a los usuarios y analistas del software no les interese, a los inversionistas y financieros es un punto de importancia si con el mismo se lograra recuperar lo invertido al obtener más eficiencia en otras áreas que conlleven a una recuperación pronta

Fuente: Elaboración propia

En el criterio de la funcionalidad de software, los tres expertos concluyeron que se necesita un software que pueda realizar los métodos estadísticos necesarios para solucionar nuestro problema, serán estos los que nos indicarán si nos será útil o no el software. El criterio recibió la puntuación máxima de nueve.

Así mismo, los expertos expresan en el criterio de confiabilidad del software, que los resultados arrojados por el sistema deben ser altamente confiables debido a que a partir de ellos se tomarán las decisiones. Estos pueden poner en bien o en mal a la empresa. Al igual que el criterio anterior, este merece una puntuación máxima de nueve.

Para el criterio de usabilidad el software, las opiniones se pueden resumir en la necesidad de un software amigable y el profesionalismo de la persona que lo utilice. Debe ser de fácil de aprender y en un periodo corto de tiempo para la capacitación del personal, recibiendo una puntuación final de siete.

Es de beneficio que otra empresa en el país utilice el mismo software. Es a través de las críticas y opiniones que otras empresas tengan acerca de él que se sabrá si es funcional y confiable. La experiencia de otros usuarios da seguridad; los expertos le brindaron una puntuación total de seis.

Para los expertos es infalible el tiempo de respuesta por parte del soporte técnico. Se necesitan despejar las dudas y preguntas en el menor tiempo posible para no perder oportunidad de monetizar y utilizar ese tiempo en análisis. Es el tercer criterio que recibió la puntuación máxima de nueve.

El software debe ser capaz de interactuar con el resto de los sistemas de la empresa. De no ser así, se deberá utilizar tiempo y recursos para lograr su adaptación. Por ser un problema que se puede solucionar, se le otorgó una puntuación de ocho.

Para el último criterio, costo, los expertos recalcaron que dicha inversión será recuperada según el funcionamiento del software. La selección de software (se espera) mejora el rendimiento y vida de la empresa. Dicho esto, es el criterio evaluado más bajo con una puntuación de cinco.

Como se observa, los tres expertos realizaron comentarios para mejorar la calidad de nuestra matriz de Pugh. El experto No. 1 opinó que se agruparan los criterios de la matriz en tres categorías principales: funcional, técnico y financiero como mejora principal. Así mismo, entre otros cambios mencionados por el Ing. Lagos están los siguientes:

1. Cambio en redacción en preguntas – criterios de usabilidad, confiabilidad del proveedor y soporte técnico.
2. Adición de preguntas – criterio de adaptabilidad

Las opiniones para el mejoramiento de la matriz por parte del experto No. 2, Msc. Orellana, fueron:

1. Replanteamiento de preguntas
2. Cambio en redacción de preguntas – criterio de usabilidad
3. Eliminación de preguntas – criterio de confiabilidad del proveedor

La Ing. Romero aportó también las siguientes sugerencias:

1. Adición de preguntas – criterios de confiabilidad y costo
2. Cambio de nombre del criterio – criterio confiabilidad del proveedor.

Una vez revisada la matriz por los expertos, se ajusta con los comentarios y sugerencias de ellos, con el fin de tener una base más certera en la selección del software adecuado para la compañía. Vemos a continuación la matriz de decisión modificada.

**Tabla 21. Matriz de decisión modificada**

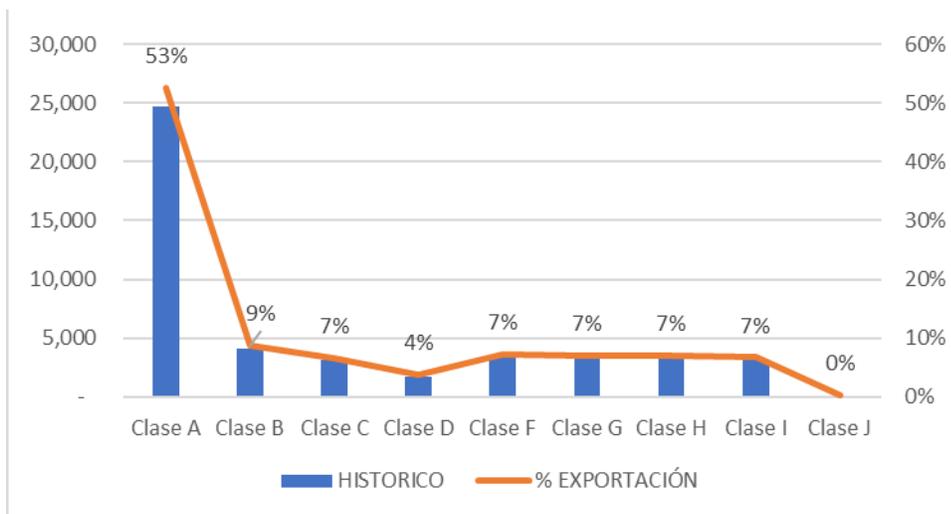
	Criterios	Importancia	Puntuación			Breve justificación de la puntuación	Puntuación ponderada		
			Opción 1	Opción 2	Opción 3		Respuesta	Respuesta	Respuesta
			Excel Stats 2020.5	Minitab 1.9.0	Forecast Pro Trac V6		Opción A	Opción B	Opción C
FUNCIONAL	<b>Seguridad e integridad</b>								
	¿ Tiene el Software una norma de calidad ?								
	¿ Cuenta con un sistema de autenticación y protección de datos?								
	<b>Confiabilidad</b>								
	¿La información que entrega la herramienta parece fidedigna?								
	¿Cuál es la precisión de los datos ?								
	¿Tiene el sistema la opción de recuperación de datos?								
	<b>Usabilidad</b>								
	Facilidad de Aprendizaje: ¿Es fácil y cómodo de manejar ?								
	Eficiencia: ¿Los cálculos, tablas y figuras que realiza la herramienta, son rápidos?								
Eficiencia: ¿El Software evalúa las principales funciones de series de tiempo de los modelos cuantitativos?									
Flexibilidad, ¿Se adapta el Software a las necesidades de la empresa?¿Y se pueden añadir opciones adicionales?									
Recordabilidad : ¿La herramienta permite guardar datos históricos?									
Satisfacción: ¿El software hace lo que se le pide?									
	<b>Trayectoria del proveedor</b>								
	Experiencia: ¿Qué implementaciones exitosas hay en la región?								
TECNICO	<b>Soporte Técnico</b>								
	¿El proveedor cuenta con soporte técnico?								
	¿Cuanto es el tiempo de respuesta para el soporte técnico ?								
	<b>Adaptabilidad</b>								
¿Puede el software interactuar con el sistema ERP de la compañía?									
¿Que especificaciones de hardware se requieren para la instalación del software?									
FINANCIERO	<b>Costo</b>								
	¿El precio anual de adquisición de la herramienta le parece adecuado?								
	¿Los costos post-implementación de la herramienta le parecen justos?								
	¿Hay costos adicionales por agregar licencias?								
		0	0	0		0	0	0	
	<b>Puntuación total</b>		0	0	0	<b>Puntuación total ponderada</b>	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron los cambios propuestos en los criterios y se colocaron las tres opciones de software a evaluar.

#### 4.2 PRIMERA VARIABLE: LA DEMANDA REAL

Durante el análisis interno de la empresa desarrollado en la sección 2.1.4.2 se hace referencia de los clientes principales de la empresa ver Fig. 10, dentro de los cuales el principal cliente es la marca de Nike. Dentro de este cliente se encuentran diversas categorías de producto dentro de las cuales como se aprecia en la Fig. 72 dentro de la misma sección la categoría que para efectos de esta investigación se denominó clase A, representa el mayor volumen de exportación ver Fig. 72 con el volumen basados en históricos del 2018 al 2020 y la tabla detallada en Anexo 1 incluyendo la proyección del 2021.



**Figura 72. Volumen Histórico con el porcentaje de exportación desde el 2018-2020**

Fuente: Elaboración propia basado en consolidación de máster histórico

Es importante mencionar que la empresa proporcionó los datos de los masters de

producción correspondiente a los años 2018 al 2020.

Adicionalmente los datos de pronóstico se tuvieron que buscar ya que no se analiza ni consolida el pronóstico.

Por lo que como parte del proceso de investigación se tuvo que hacer la recolección de los datos a través de la búsqueda en históricos o archivos en correos del equipo de planificación.

Posterior a la recolección se tuvo que realizar una acción de limpieza que consistió en los siguientes pasos:

**Tabla 22. Máster de producción y pronóstico**

<b>Máster de Producción</b>	Consolidación de los Históricos de Demanda Real para los años 2018, 2019 y 2020
	Consolidación de los Históricos para todo Centroamerica : Honduras, Nicaragua y El Salvador
	Revisión de estilos y estandarización de los criterios: Categoría, Tipo de Producto, Tipo de Programa
	Agrupación de los estilos con su precio estimado
	Estandarización de las Categorías.
<b>Pronóstico</b>	Los datos se hicieron al corte de los 3 periodos principales: Semestre 1, Semestre 2 y El presupuesto realizado en el mes de Septiembre
	Los estilos que se conocen como "plugs" son reservas de material que deben quebrarse por categoría en base a histórico.
	Estandarización de la base de datos para consolidar el dato de pronóstico recibido de parte del cliente.

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los aportes de esta investigación fue dejar la base de datos con los criterios principales para evaluación de los históricos y análisis de pronóstico de los años 2018 al 2020.

#### 4.2.1 CONSIDERACIONES ESPECIALES

Es importante reforzar que tal y como se menciona en la introducción de este capítulo, el

presente estudio se realizará sobre la base del histórico de demanda real del 2018 y el pronóstico se comparará contra el histórico 2019.

El año 2020 se excluye del análisis ya que debido a la pandemia por el virus Covid-19 enfrentada durante los meses de marzo a diciembre de ese año, el comportamiento de la demanda se consideró como atípico y para efectos del propósito de este estudio que consiste en la selección de una herramienta, no se considera como relevante para generar los resultados de forma adecuada.

#### 4.2.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MODELO DE PRONÓSTICO

Durante el desarrollo de la investigación en el Capítulo 2 en la sección 2.1.4.4.se analizó el proceso de pronóstico dentro de la empresa con sus cinco diferentes etapas, y como se puede inferir el análisis de la precisión del pronóstico es una validación que no se está midiendo actualmente ni se aplica el análisis estadístico acerca de los errores de pronóstico.

Por lo que con el fin de evaluar el primer objetivo específico número de este trabajo de investigación: “Determinar la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa”; se procederá a realizar los primeros pasos previos detallados en la Fig. 37 (Sección 2.2.3.4)

Comenzando con la clasificación ABC, siguiendo con la selección de los datos Históricos y posteriormente el trato de los datos atípicos. Los pasos posteriores de elaboración de pronóstico se detallarán en el desarrollo de los siguientes objetivos.

### 4.2.3 CLASIFICACIÓN ABC

La demanda dentro de la principal categoría de exportación está dividida en diferentes programas cuyos nombres reales se han codificado por efectos de confidencialidad de la información dentro de los cuales se tienen los siguientes: A1, A2, A3, A4, A5, BX y X con sus respectivos valores estimados en dólares y en volumen de Piezas.

**Tabla 23. Programas Clase A**

TODOS LOS PROGRAMAS CLASE A										
PROGRAMA	2018			2019			Total PCS	Total \$	Total %	
	PCS	\$	%	PCS	\$	%				
A1	4,862,344	\$24,849,918	57%	6,732,780	\$33,794,717	56%	11,595,124	\$58,644,635	56%	
A2	1,038,795	\$5,365,811	12%	2,201,868	\$11,322,192	19%	3,240,663	\$16,688,003	16%	
A3	645,665	\$3,573,604	8%	667,123	\$4,066,915	7%	1,312,788	\$7,640,519	7%	
A4	600,676	\$3,519,474	8%	580,411	\$3,484,663	6%	1,181,087	\$7,004,137	7%	
A5	185,181	\$1,056,588	2%	399,006	\$2,391,826	4%	584,187	\$3,448,414	3%	
BX	884,006	\$5,176,424	12%	884,747	\$4,914,155	8%	1,768,753	\$10,090,579	10%	
X	75,589	\$415,740	1%			0%	75,589	\$415,740	0%	
<b>Grand Total</b>	<b>8,292,256</b>	<b>\$43,957,557</b>	<b>100%</b>	<b>11,465,935</b>	<b>\$59,974,469</b>	<b>100%</b>	<b>19,758,191</b>	<b>\$103,932,026</b>	<b>100%</b>	

Figura: Elaboración propia con datos obtenidos del master consolidado

Aunque existe la posibilidad de utilizar múltiples criterios para clasificar los programas y estilos por su importancia, La empresa objeto de estudio fabrica y vende productos que se clasificarán por su volumen de ventas, ya que es la medida que utilizan durante las reuniones del S&OP para verificar su importancia y centrar su atención en dichos productos.

A partir de esta información se procedió a realizar la matriz ABC cuya metodología se definió en el Capítulo 2 de este trabajo de Investigación, ver Anexo 2 para el detalle de la Matriz.

Obteniendo así para los datos analizados del volumen de ventas del 2018 al 2019 la siguiente clasificación:

**Tabla 24. Resumen de la Matriz ABC años 2018 al 2019**

CLASIFICACIÓN	# SKU	DEMANDA 2018	DEMANDA 2019	DEMANDA 2018-2019	VENTA 2018-2019	2018-2019 %
A	57	7,306,218	8,785,222	16,091,440	\$ 82,752,136	80%
B	601	707,593	1,888,015	2,595,608	\$ 15,074,875	15%
C	1,816	278,445	792,698	1,071,143	\$ 6,105,015	6%
<b>Grand Total</b>	<b>2,474</b>	<b>8,292,256</b>	<b>11,465,935</b>	<b>19,758,191</b>	<b>\$ 103,932,026</b>	<b>100%</b>

Figura: Elaboración propia

Los productos que representan el 80% en volumen de ventas corresponden a la clasificación A conformada por 57 estilos o SKU's. La clasificación B corresponde al 15% del volumen de ventas y cuenta con 601 estilos, mientras la Clasificación C representa el 5% del volumen de ventas y esta agrupada con 1816 diferentes estilos.

#### 4.2.4 SELECCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

Con el fin de seleccionar los datos históricos más representativos utiliza la técnica de Pareto con los valores totales de la demanda real de los últimos doce meses correspondientes a los años 2018 y 2019 en la categoría A de la matriz ABC, obteniendo de esta forma la siguiente Tabla 25.

En el que tenemos que el 80% del volumen de los 57 estilos de la categoría A descrita en la sección anterior se agrupan en once estilos principales.

**Tabla 25. Pareto de los estilos Clase A del 2018 al 2019.**

SKU	2018		2019		Total PCS		Total %	PARETO
	PCS	%	PCS	%				
727982	1,179,552	16%	2,000,161	23%	3,179,713	20%	<b>80%</b>	
727980	1,475,013	20%	1,190,014	14%	2,665,027	17%		
AQ3210	1,070,641	15%	1,186,474	14%	2,257,115	14%		
AR5307	433,832	6%	1,067,144	12%	1,500,976	9%		
718833	453,029	6%	917,682	10%	1,370,711	9%		
AO4962	412,449	6%	20,076	0%	432,525	3%		
00037031X	394,971	5%	7,186	0%	402,157	2%		
718839	200,403	3%	140,655	2%	341,058	2%		
840178	44,883	1%	288,914	3%	333,797	2%		
718837	145,365	2%	157,817	2%	303,182	2%		
CI0818	272,442	4%	14,391	0%	286,833	2%		
840177	22,868	0%	117,108	1%	139,976	1%		<b>20%</b>
BV7940		0%	135,139	2%	135,139	1%		
923500	45,910	1%	80,470	1%	126,380	1%		
CU7599		0%	117,241	1%	117,241	1%		
CT2913		0%	116,238	1%	116,238	1%		
CD0931	100,564	1%	12,320	0%	112,884	1%		
812863	73,634	1%	38,966	0%	112,600	1%		
AR5313		0%	110,762	1%	110,762	1%		
AH9223	43,775	1%	65,709	1%	109,484	1%		
AR5039	9,850	0%	90,563	1%	100,413	1%		
848952	22,948	0%	77,439	1%	100,387	1%		
35455X	98,271	1%		0%	98,271	1%		
923500	87,940	1%		0%	87,940	1%		
BQ1907		0%	84,145	1%	84,145	1%		
35688X	81,632	1%		0%	81,632	1%		
XCZ001	75,589	1%		0%	75,589	0%		
CU7545		0%	75,372	1%	75,372	0%		
BQ3340		0%	68,377	1%	68,377	0%		
727981	16,757	0%	50,277	1%	67,034	0%		
35983X	66,109	1%		0%	66,109	0%		
AR5323	32,978	0%	29,585	0%	62,563	0%		
892569	59,017	1%		0%	59,017	0%		
BQ9766		0%	56,264	1%	56,264	0%		
AJ7724	52,188	1%		0%	52,188	0%		
894286	49,929	1%		0%	49,929	0%		
BQ9768		0%	48,927	1%	48,927	0%		
34482X	45,362	1%		0%	45,362	0%		
35984X	41,880	1%		0%	41,880	0%		
AR5087		0%	41,295	0%	41,295	0%		
718835	24,175	0%	16,806	0%	40,981	0%		
BQ1909		0%	39,442	0%	39,442	0%		
BV7934		0%	38,174	0%	38,174	0%		
36480X	38,069	1%		0%	38,069	0%		
AO7657		0%	37,561	0%	37,561	0%		
CD2069		0%	37,012	0%	37,012	0%		
CI7357		0%	34,753	0%	34,753	0%		
BQ5606		0%	34,535	0%	34,535	0%		
38025X		0%	34,335	0%	34,335	0%		
813158	32,982	0%		0%	32,982	0%		
35985X	30,768	0%		0%	30,768	0%		
BQ7307		0%	30,650	0%	30,650	0%		
890194	30,399	0%		0%	30,399	0%		
913157	29,199	0%		0%	29,199	0%		
AR2384	10,845	0%	18,092	0%	28,937	0%		
BQ9765		0%	28,624	0%	28,624	0%		
CJ2582		0%	28,527	0%	28,527	0%		
	<b>7,306,218</b>	<b>100%</b>	<b>8,785,222</b>	<b>100%</b>	<b>16,091,440</b>	<b>100%</b>		

Figura: Elaboración propia

#### 4.2.5 TRATO DE LOS DATOS ATÍPICOS

Luego de evaluar la técnica de Pareto, se procede a tratar los datos atípicos para lo que se propone el cálculo de coeficiente de variación y análisis de los elementos del tiempo para reducir el grupo de estilos objeto de estudio a los más representativos.

Se tiene un total de once estilos de producto resultado del Pareto, pero al analizar su comportamiento de forma mensual se puede identificar que algunos de ellos no tienen continuación en un análisis interanual.

Por lo que previo a continuar con las pruebas subsecuentes, se procede a definir el tipo de demanda en los datos seleccionados con base a la desviación estándar y la demanda promedio, a través del cálculo del Coeficiente de Variación, la fórmula es la detallada en la sección 2.2.2.3 y los elementos de tiempo establecidos.

**Tabla 26. Estilos Pareto y su demanda en volumen de unidades por mes 2018 - 2019**

AÑO	MES	CONTINUO					DESCONTINUADO				NUEVO	Grand Total	
		727982	727980	AQ3210	AR5307	718833	718839	718837	00037031X	AO4962	CI0818		840178
2018	1	54,649		155,398	98,808	59,786	13,609		47,472		18,146		447,868
	2	67,773		139,359	39,494	24,161	48,750		87,674		39,296		446,507
	3	89,161		47,528	32,636	24,573	41,280	830	50,241	26,145	53,754		366,148
	4	195,693	69,621	34,334	32,898	8,240	21,192		17,883	96,180	16,336		492,377
	5	59,652	85,987				1,287		55,961	86,640	37,554		327,081
	6	68,186	164,915	34,602	6,840	3,072	14,889		2,310	140,051	1,246	1,612	437,723
	7	133,448	213,817	82,153	47,236	17,936	10,596	443	2,893	48,440	11,752		568,714
	8	31,390	228,213	66,898	130,506	45,370	12,014	55,313	8,095	5,387	9,668		592,854
	9	119,605	158,425	142,972	13,155	61,915	7,694	58,494	28,657	9,428	59,193		659,538
	10	126,371	384,920	45,571	14,134	51,978	7,788	14,760	3,012	178	25,497		674,209
	11	120,887	96,073	149,837	12,899	9,205	11,611	4,176	80,411			25,124	510,223
	12	112,737	73,042	171,989	5,226	146,793	9,693	11,349	10,362			18,147	559,338
2019	1	50,837	69,809	51,441	73,615	54,700	5,042	19,336	5,297			15,304	345,381
	2	214,734	54,117	168,804	144,911	60,792	12,884	11,723				14,402	682,367
	3	174,166	35,597	99,711	125,817	88,283	9,420	3,226		492		52,718	589,430
	4	259,187	39,157	53,176	38,171	64,627	17,439	1		770		14,675	487,203
	5	115,242	82,925	73,961	141,586	77,328	30,084		939	11,392		51,574	585,031
	6	345,245	65,749	58,042	47,944	89,110	16,193	42,272	950	4,910		28,400	698,816
	7	293,689	178,138	86,545	31,825	41,440	27,096	3,296		1,686	3,837	6,068	673,620
	8	114,674	94,960	139,050	120,591	118,253	924	1,741		566	4,400	26,415	621,574
	9	73,733	162,748	88,267	69,731	26,652				260	1,935	32,118	455,444
	10	91,077	264,911	29,097	92,621	34,932					4,218	7,397	524,253
	11	159,203	117,724	60,308	118,264	157,880	21,573	58,726				23,368	717,046
	12	108,374	24,179	278,072	62,068	103,685		17,496				16,475	610,349
<b>Grand Total</b>		<b>3,179,713</b>	<b>2,665,027</b>	<b>2,257,115</b>	<b>1,500,976</b>	<b>1,370,711</b>	<b>341,058</b>	<b>303,182</b>	<b>402,157</b>	<b>432,525</b>	<b>286,833</b>	<b>333,797</b>	<b>13,073,094</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁN</b>		<b>79,689</b>	<b>89,587</b>	<b>60,921</b>	<b>46,845</b>	<b>42,419</b>	<b>12,158</b>	<b>21,876</b>	<b>30,055</b>	<b>44,082</b>	<b>19,636</b>	<b>14,823</b>	<b>114,396</b>
<b>DEMANDA PROMEC</b>		<b>132,488</b>	<b>126,906</b>	<b>98,135</b>	<b>65,260</b>	<b>59,596</b>	<b>16,241</b>	<b>18,949</b>	<b>26,810</b>	<b>28,835</b>	<b>19,122</b>	<b>22,253</b>	<b>544,712</b>
<b>COEFICIENTE DE VAI</b>		<b>0.60</b>	<b>0.71</b>	<b>0.62</b>	<b>0.72</b>	<b>0.71</b>	<b>0.75</b>	<b>1.15</b>	<b>1.12</b>	<b>1.53</b>	<b>1.03</b>	<b>0.67</b>	<b>0.21</b>

Figura: Elaboración propia

#### 4.2.6 TIPO DE DEMANDA

En base a este cálculo se obtiene que, de los once estilos analizados, seis de ellos cumplen con el principio explicado en la sección 2.2.2. acerca del tipo de demanda y su coeficiente de variación en el que se dice que:

Si el CV es menor que uno se considera demanda perpetua o estacionaria.

Para el cálculo de la desviación estándar se analiza el comportamiento individual de los ítems con CV menor que uno, con la ayuda del software Minitab en su resumen gráfico. Ver Anexo 3. Se calcula su desviación estándar y su demanda promedio (media). Esto con el fin de limitar las pruebas de la herramienta de software a ítems que tengan una demanda más perpetua en un análisis interanual.

Por lo tanto, adicional al coeficiente de variación se estima considerar el porcentaje de volumen que cada estilo de producto contenía en cada periodo establecido con el fin de determinar si había un estilo de producto adicional que se pudiera incluir en el grupo de análisis.

**Tabla 27. Estilos Pareto con criterio de continuidad y % de volumen por año.**

CONTINUO?	SKU	2018		2019		Total PCS	Total %
		PCS	%	PCS	%		
CONTINUO	727982	1,179,552	37%	2,000,161	63%	3,179,713	100%
	727980	1,475,013	55%	1,190,014	45%	2,665,027	100%
	AQ3210	1,070,641	47%	1,186,474	53%	2,257,115	100%
	AR5307	433,832	29%	1,067,144	71%	1,500,976	100%
	718833	453,029	33%	917,682	67%	1,370,711	100%
	718839	200,403	59%	140,655	41%	341,058	100%
<b>CONTINUO Total</b>		<b>4,812,470</b>	<b>43%</b>	<b>6,502,130</b>	<b>57%</b>	<b>11,314,600</b>	<b>100%</b>
DESCONTINUADO	AO4962	412,449	95%	20,076	5%	432,525	100%
	00037031X	394,971	98%	7,186	2%	402,157	100%
	718837	145,365	48%	157,817	52%	303,182	100%
	C10818	272,442	95%	14,391	5%	286,833	100%
<b>DESCONTINUADO Total</b>		<b>1,225,227</b>	<b>86%</b>	<b>199,470</b>	<b>14%</b>	<b>1,424,697</b>	<b>100%</b>
NUEVO	840178	44,883	13%	288,914	87%	333,797	100%
<b>NUEVO Total</b>		<b>44,883</b>	<b>13%</b>	<b>288,914</b>	<b>87%</b>	<b>333,797</b>	<b>100%</b>
<b>Grand Total</b>		<b>6,082,580</b>	<b>47%</b>	<b>6,990,514</b>	<b>53%</b>	<b>13,073,094</b>	<b>100%</b>

Figura: Elaboración propia

Es así como se logra observar dos casos particulares:

1. Estilo 718837: Este estilo su CV es menor a uno, pero presenta una participación uniforme en el 2018 y en el 2019 por lo que se desea incluir en el grupo de estilos seleccionados para las pruebas.
2. Estilo 840178: A pesar que el CV de este producto es menor que uno, por lo que se dice que su demanda es estacionaria o perpetua, al observar su comportamiento intermensual se evalúa que es un estilo nuevo, cuya demanda comienza en el periodo once del año objeto de estudio que es el 2019 por lo que no tendría suficientes datos históricos para validarse, y tiene un volumen mínimo en el periodo seis del mismo año que al buscar las razones , es porque era un volumen de muestra es decir no producción de exportación. Por lo que se categorizó ese estilo en particular como nuevo.

Obteniendo entonces como resultado que para efectos de esta investigación se analizará el comportamiento de los siete ítems detallados a continuación:

**Tabla 28. Estilos de producto Clase A, que serán objeto de estudio.**

FINAL ABC	SKU	2018	2019		Total PCS	Total # Ordenes de Compra	
		PCS	# Ordenes de Compra	PCS			# Ordenes de Compra
A	727982	1,179,552	188	2,000,161	177	3,179,713	365
	727980	1,475,013	33	1,190,014	133	2,665,027	166
	AQ3210	1,070,641	113	1,186,474	160	2,257,115	273
	AR5307	433,832	41	1,067,144	258	1,500,976	299
	718833	453,029	61	917,682	107	1,370,711	168
	718839	200,403	39	140,655	34	341,058	73
	718837	145,365	17	157,817	36	303,182	53
<b>A Total</b>		<b>4,957,835</b>	<b>492</b>	<b>6,659,947</b>	<b>905</b>	<b>11,617,782</b>	<b>1397</b>
<b>Grand Total</b>		<b>4,957,835</b>	<b>492</b>	<b>6,659,947</b>	<b>905</b>	<b>11,617,782</b>	<b>1397</b>

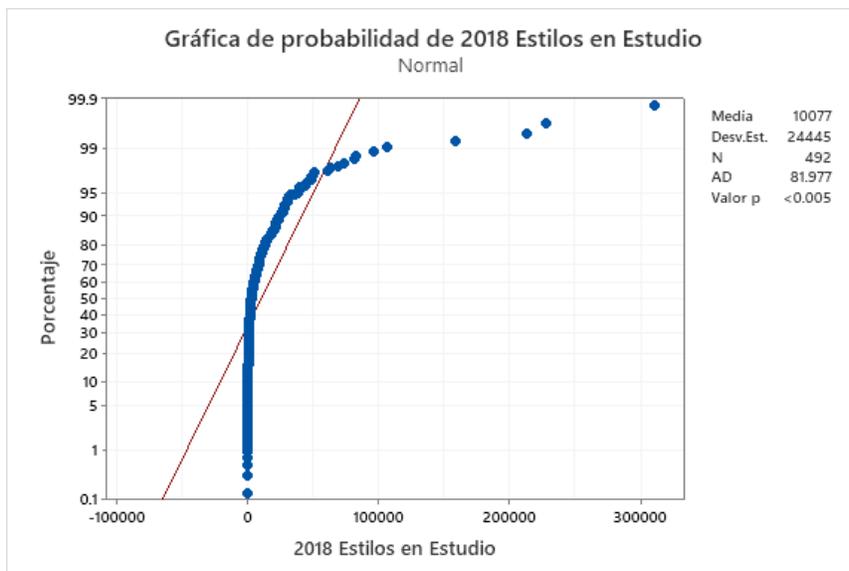
Figura: Fuente elaboración propia

#### 4.2.7 ELEMENTOS DE TIEMPO

En la sección 2.3.1 con la Fig. 57 se detallan los elementos de tiempo necesarios cuando se quiere realizar un pronóstico, los cuales son necesarios. Por ende, cuando se está definiendo la demanda real que será la base histórica sobre la que se generará el pronóstico de los siguientes periodos. Volviendo a definir los conceptos ya explicados en el Capítulo 2 tenemos entonces:

1. El periodo. Es la unidad de tiempo para la cual se realiza el pronóstico que depende de la naturaleza del proceso en estudio. Para efectos de este trabajo de investigación se hizo la prueba de normalidad del conjunto total de datos de los siete estilos objeto de estudio para el año 2018, y se observa lo siguiente.

Prueba de Normalidad. El conjunto individual de los datos correspondientes a los siete estilos para el año 2018 corresponde a 492 datos individuales a los cuales al correr una prueba de normalidad se puede apreciar, lo siguiente al siguiente gráfico:



**Figura 73. Prueba de Normalidad Anderson -Darling para los 492 datos del 2018.**

Fuente: Elaboración propia, generado en Minitab v 20.1.0

El conjunto de datos tiene un valor  $p < 0.005$  con base a la teoría detallada en la sección 2.2.3.1 que menciona que para las hipótesis de la prueba de Anderson-Darling son:

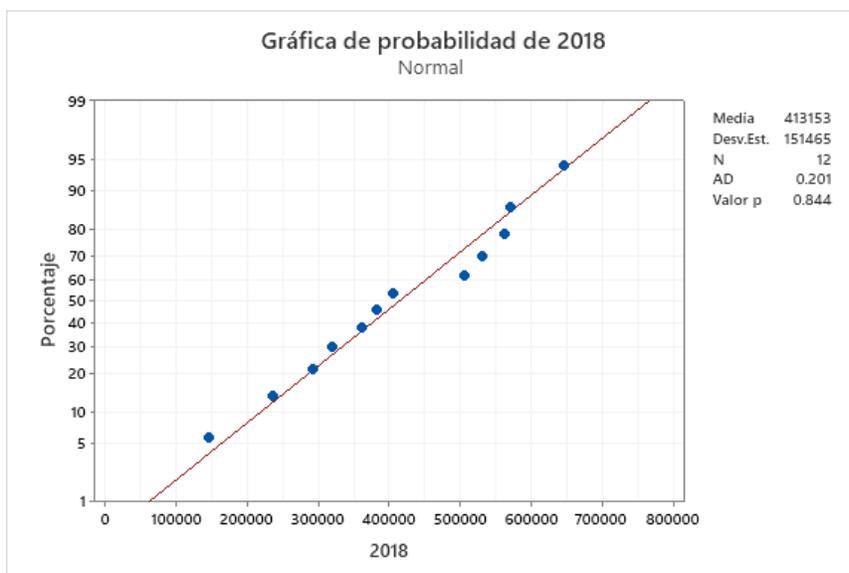
H0: Los datos siguen una distribución especificada

H1: Los datos no siguen una distribución especificada

Podemos decir que como el valor  $p$  es menor que un nivel la significancia elegido 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula de que los datos provienen de la distribución normal.

Pero con base al Teorema Central del Límite que dice que si tenemos un grupo numeroso de variables independientes y todas ellas siguen el mismo modelo de distribución (cualquiera que éste sea), la suma de ellas se distribuye según una distribución normal. (AulaFacil, 2020)

Por lo tanto, el presente análisis tomará el conjunto de datos individuales agrupados en forma mensual y así se obtiene la siguiente gráfica para los datos del 2018 agrupados de forma mensual, cuyo valor  $p$  es mayor que 0.05 por lo que se dice que los datos siguen una distribución normal.



**Figura 74. Normalidad Anderson -Darling. Generado en Minitab v 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Dicho todo esto se puede decir que el periodo de la demanda es de doce periodos.

2. El horizonte de planeación. Es el número de periodos que se cubrirán en el futuro para el pronóstico. En este caso el horizonte que se estudiará es de doce periodos en adelante es decir un año después del histórico, es decir un año después del histórico de 2018 sería el 2019.

3. El intervalo del pronóstico. Es la frecuencia con la que se realizan los nuevos pronósticos. En este caso para este estudio el intervalo será una única vez, pero en el proceso se sugerirá hacer un corte mensual para reducir la variación.

#### 4.2.8 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

El objetivo específico uno consistía en determinar la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa.

Para dicho objetivo y con el fin de delimitar la demanda real se explicó los pasos y procedimiento lógico utilizado para seleccionar los ítems objeto de estudio y sobre ellos se hace la valoración de la precisión del modelo actual comparado contra el proceso actual que consiste en recibir el pronóstico de parte de los clientes y procesarlo tal y como viene.

Las medidas de precisión de pronóstico se detallan en la sección 2.3.3.13 pero es importante mencionar algunos aspectos claves de dichas mediciones según (Soporte de Minitab, 2019):

El MAD expresa exactitud en las mismas unidades que los datos, lo que ayuda a conceptualizar la cantidad del error. Los valores atípicos tienen menos efecto en MAD que en MSD.

El ECM mide la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo. Los valores

atípicos tienen mayor efecto en MSD que en MAD.

El MAPE expresa la exactitud como un porcentaje del error. Debido a que el MAPE es un porcentaje, puede ser más fácil de entender que otros estadísticos de medición de exactitud. Por ejemplo, si el MAPE es 5, en promedio, el pronóstico está errado en un 5%.

En resumen, la medición del error del pronóstico puede ser un negocio difícil. El MAPE y el MAD son las estadísticas de medición de errores más comunes; sin embargo, ambos pueden ser engañosos bajo ciertas circunstancias. El MAPE es la escala sensible y debe ser tomado con cuidado cuando usa el MAPE con ítems de bajo volumen. Todas las estadísticas de medición de error pueden ser problemáticas cuando se suman múltiples ítems, y como pronosticador es necesario pensar cuidadosamente a través de su enfoque a la hora de hacerlo. En la industria los planificadores de la demanda comúnmente utilizan el MAPE como referencia y muchas organizaciones se centran principalmente en el MAPE a la hora de evaluar la exactitud del pronóstico. La mayoría de las personas está cómoda pensando en términos porcentuales, por lo que el MAPE es fácil de interpretar. También se puede transmitir información cuando usted no sabe el volumen de la demanda de dichos ítems. (Pronóstico Experto, s. f.)

Sin embargo, es posible que algunas veces observe un valor de MAPE muy elevado, aunque el modelo parezca ajustarse a los datos adecuadamente. Examine la gráfica para ver si los valores de los datos se aproximan a 0. Debido a que MAPE divide el error absoluto entre los datos reales, los valores que se aproximan a 0 pueden aumentar significativamente el MAPE.

Para efectos de esta investigación se calcularon las tres medidas del error, pero se hará especial énfasis en el MAPE como medida del error ya que el tipo de demanda en su mayoría se adecua a los casos en los que el MAPE puede ser un métrico más adecuado.

En la siguiente tabla resumen se detalla los resultados de MAD, ECM y MAPE. Para ver los resultados detallados por mes de cada estilo ir a Anexo 4: Macro tabla. Dichos resultados fueron obtenidos a partir del cálculo del pronóstico que se recibe del cliente contra la demanda real del periodo.

**Tabla 29. Medidas de error de pronóstico MAD, ECM y MAPE**

HORIZONTE	ESTADÍSTICO	n	727982	727980	AQ3210	AR5307	718833	718839	718837	TOTAL
2018	Numero de Periodos (n)	12								
2018	MAD		110,010	59,397	54,495	47,980	36,116	9,124	13,103	187,710
2018	ECM		2.14E+10	7.29E+09	4.63E+09	3.18E+09	3E+09	2.20E+08	3.61E+08	5.70E+10
2018	MAPE		<b>175.3%</b>	<b>24.6%</b>	<b>76.1%</b>	<b>271.0%</b>	<b>97.0%</b>	<b>146.0%</b>	<b>460.4%</b>	<b>64.0%</b>
2018	Desviación Estándar		45,206	102,056	54,563	40,295	40,902	14,132	25,257	151,465
2019	Numero de Periodos (n)	12								
2019	MAD		81,903	55,404	37,353	61,685	37,701	17,014	19,486	130,300
2019	ECM		1.15E+10	6.39E+09	2.88E+09	5.42E+09	2.11E+09	3.86E+08	7.52E+08	3.41E+10
2019	MAPE		<b>63.7%</b>	<b>50%</b>	<b>33.4%</b>	<b>96.8%</b>	<b>80.4%</b>	<b>116.3%</b>	<b>209.8%</b>	<b>24.3%</b>
2018	Desviación Estándar		93,186	71,127	68,665	40,436	37,789	9,707	20,341	112,551
2018-2019	Numero de Periodos (n)	24								
2018-2019	MAD		95,957	57,400	45,924	54,832	36,908	13,069	16,294	159,005
2018-2019	ECM		1.65E+10	6.84E+09	3.75E+09	4.30E+09	2.51E+09	3.03E+08	5.57E+08	4.56E+10
2018-2019	MAPE		<b>119.5%</b>	<b>37.3%</b>	<b>54.8%</b>	<b>183.9%</b>	<b>88.7%</b>	<b>131.1%</b>	<b>335.1%</b>	<b>44.2%</b>
2018-2019	Desviación Estándar		79,689	89,587	60,921	46,845	42,419	12,158	21,876	149,262

Fuente: Elaboración propia

En resumen, para el año 2018 el error de pronóstico MAPE fue de un 64% del pronóstico con el sistema actual contra la demanda real en la principal categoría de exportación para los estilos objeto de estudio.

Para el año 2019 el error de MAPE fue de un 24.3% del pronóstico de demanda de producto, en conjunto para ambos años 2018 al 2019 el error MAPE fue de un 44.2%.

Siendo la meta un 20% de error para lograr una precisión de 80% se puede ver que todavía existe una brecha entre el sistema actual de pronóstico y la precisión deseada.

#### 4.3 SEGUNDA VARIABLE: INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EL SOFTWARE

En esta sección se detallarán los resultados de algunas de las pruebas piloto en las tres

diferentes herramientas: Minitab, XLSTAT y Forecast Pro

#### 4.3.1 PRUEBAS PILOTO EN EL SOFTWARE

Con el fin de evaluar las características funcionales de los softwares era preciso ejecutar pruebas piloto con las opciones de 16 modelos cuantitativos con las opciones específicas que cada una de las herramientas proporciona, es así como después de establecer parámetros en algunos de ellos tenemos una combinación de hasta 39 posibles métodos de evaluación de pronósticos.

Después de realizar las pruebas de sondeo de cada uno de los softwares, utilizando la misma base de datos en todos y los mismos modelos estadísticos de serie de tiempo que nos proporcionan estos, se analizó en el siguiente orden las pruebas a ejecutarse:

Primero: en análisis de la demanda para pronósticos completa de la categoría clase A.

Segundo: Se seleccionaron dos de los estilos que sometieran a prueba el software ya que tenían la mayor o menor desviación estándar del grupo (ver figura anterior donde se detalla la desviación estándar por estilo), una vez los dos estilos han sido seleccionados para el análisis de pronóstico de la demanda del año 2019, con base al histórico el cual se explicó de manera amplia en la sección 4.2

Para presentación de resultados mostraremos los modelos estadísticos de serie de tiempo que más se apegaron al MAPE buscado en cada demanda. En Anexo 5, se podrá ver el resumen de las 193 pruebas de análisis de datos para pronóstico de la demanda que se corrieron.

A continuación, se presentan los resultados en el siguiente orden:

1. Demanda Clase A, XLSTAT, Minitab y Forecast Pro
2. Estilo 727980, XLSTAT, Minitab y Forecast Pro
3. Estilo 718839, XLSTAT, Minitab y Forecast Pro

#### 4.3.1.1 PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA DEMANDA CLASE “A” XLSTAT

En la tabla que se presenta a continuación se muestra el análisis de la demanda clase “A”, el modelo estadístico de la serie de tiempo en el promedio móvil L2, nos indica que el pronóstico vs lo real en el 2019 tuvo un resultado en su MAPE de un 24%, utilizando el software Xlstat el MAPE se redujo en un 5%

**Tabla 30. Pronóstico promedio móvil L2, Software XlStat 2020.5.1**

REAL MAPE		24%		MAPE HERRAMIENTA				23.89%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	467,759	(142,979)	142,979	2.04E+10	44%	
02	319,537	667,965	499,294	168,671	168,671	2.84E+10	25%	
03	236,008	536,220	483,526	52,694	52,694	2.78E+09	10%	
04	361,978	471,758	491,410	(19,652)	19,652	3.86E+08	4%	
05	146,926	521,126	487,468	33,658	33,658	1.13E+09	6%	
06	292,504	664,555	489,439	175,116	175,116	3.07E+10	26%	
07	505,629	662,029	488,454	173,575	173,575	3.01E+10	26%	
08	569,704	590,193	488,946	101,247	101,247	1.03E+10	17%	
09	562,260	421,131	488,700	(67,569)	67,569	4.57E+09	16%	
10	645,522	512,638	488,823	23,815	23,815	5.67E+08	5%	
11	404,688	693,678	488,761	204,917	204,917	4.20E+10	30%	
12	530,829	593,874	488,792	105,082	105,082	1.10E+10	18%	
<b>4,957,835</b>		<b>6,659,947</b>	<b>5,851,372</b>	<b>808,575</b>	<b>1,268,974</b>	<b>1.82E+11</b>	<b>227%</b>	
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			12	105,748	1.52E+10	19%		
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			6	98,795	1.40E+10	19%		

Fuente: Elaboración propia

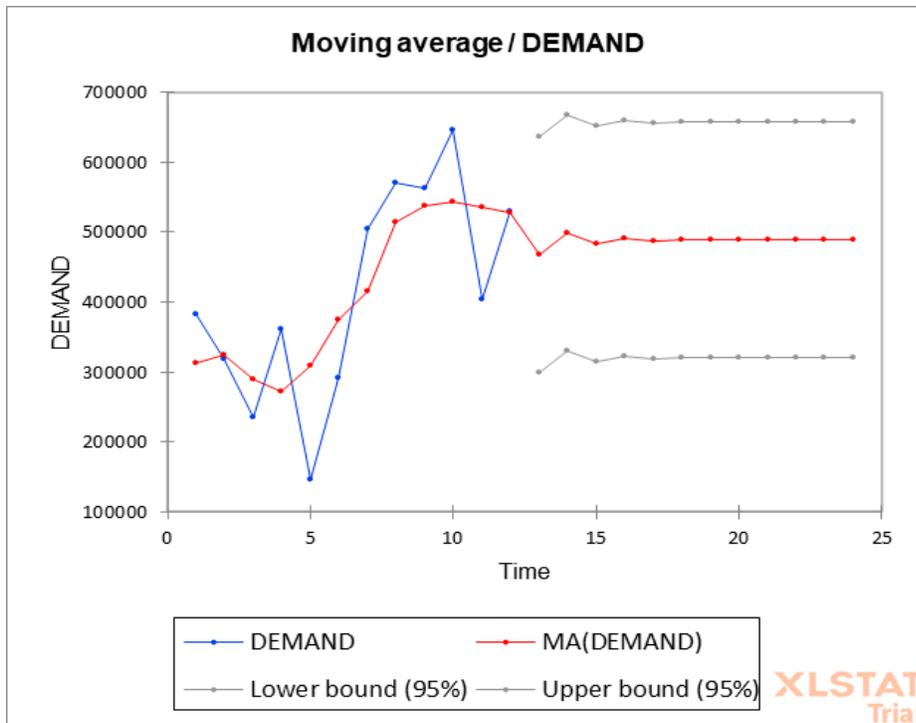


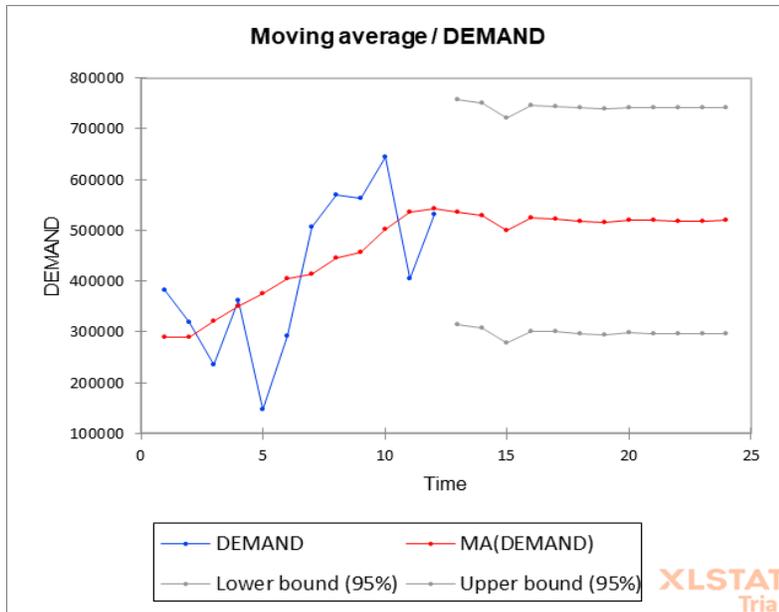
Figura 75. Pronóstico promedio móvil L2, Software XIStat 2020.5.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Pronóstico promedio móvil L4, Software XIStat 2020.5.1

REAL MAPE		24%		MAPE HERRAMIENTA				31.78%	
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)		
01	382,250	324,780	535,825	(211,045)	211,045	4.45E+10	65%		
02	319,537	667,965	529,216	138,749	138,749	1.93E+10	21%		
03	236,008	536,220	500,139	36,081	36,081	1.30E+09	7%		
04	361,978	471,758	524,002	(52,244)	52,244	2.73E+09	11%		
05	146,926	521,126	522,296	(1,170)	1,170	1.37E+06	0%		
06	292,504	664,555	518,913	145,642	145,642	2.12E+10	22%		
07	505,629	662,029	516,338	145,691	145,691	2.12E+10	22%		
08	569,704	590,193	520,387	69,806	69,806	4.87E+09	12%		
09	562,260	421,131	519,483	(98,352)	98,352	9.67E+09	23%		
10	645,522	512,638	518,780	(6,142)	6,142	3.77E+07	1%		
11	404,688	693,678	518,747	174,931	174,931	3.06E+10	25%		
12	530,829	593,874	519,350	74,524	74,524	5.55E+09	13%		
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,243,477</b>	<b>416,470</b>	<b>1,154,377</b>	<b>1.61E+11</b>	<b>222%</b>		
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico	12		96,198	1.34E+10	18%				
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico	6		97,488	1.48E+10	21%				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 76. Pronóstico promedio móvil L4, Software XIStat 2020.5.1**  
Fuente: Elaboración propia

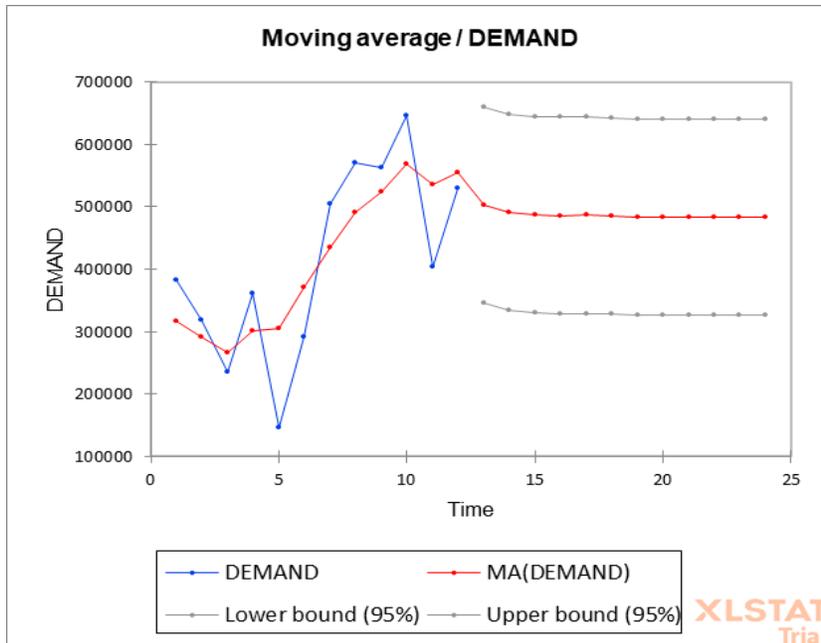
**Tabla 32. Pronóstico promedio móvil L7, Software XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
			24%		22.79%			
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=7 PRED (Spencer)	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	502,573	(177,793)	177,793	3.16E+10	55%	
02	319,537	667,965	491,419	176,546	176,546	3.12E+10	26%	
03	236,008	536,220	487,656	48,564	48,564	2.36E+09	9%	
04	361,978	471,758	486,147	(14,389)	14,389	2.07E+08	3%	
05	146,926	521,126	486,326	34,800	34,800	1.21E+09	7%	
06	292,504	664,555	485,591	178,964	178,964	3.20E+10	27%	
07	505,629	662,029	483,278	178,751	178,751	3.20E+10	27%	
08	569,704	590,193	483,820	106,373	106,373	1.13E+10	18%	
09	562,260	421,131	483,415	(62,284)	62,284	3.88E+09	15%	
10	645,522	512,638	483,185	29,453	29,453	8.67E+08	6%	
11	404,688	693,678	483,018	210,660	210,660	4.44E+10	30%	
12	530,829	593,874	482,929	110,945	110,945	1.23E+10	19%	
		<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>5,839,357</b>	<b>820,590</b>	<b>1,329,522</b>	<b>2.03E+11</b>	<b>241%</b>

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	110,793	1.69E+10	20%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	105,176	1.64E+10	21%

Fuente: Elaboración propia



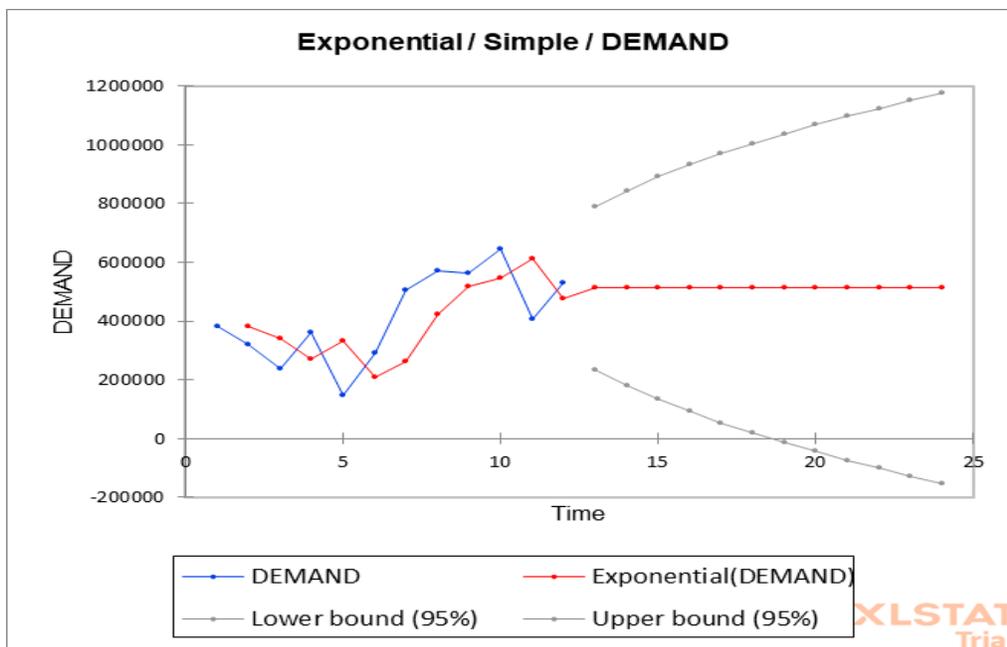
**Figura 77. Pronóstico promedio móvil L7, Software XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33. Pronóstico exponencial simple, Software XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		24%	36.39%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Exponencial Simple	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	511,942	(187,162)	187,162	3.50E+10	58%
02	319,537	667,965	511,942	156,023	156,023	2.43E+10	23%
03	236,008	536,220	511,942	24,278	24,278	5.89E+08	5%
04	361,978	471,758	511,942	(40,184)	40,184	1.61E+09	9%
05	146,926	521,126	511,942	9,184	9,184	8.44E+07	2%
06	292,504	664,555	511,942	152,613	152,613	2.33E+10	23%
07	505,629	662,029	511,942	150,087	150,087	2.25E+10	23%
08	569,704	590,193	511,942	78,251	78,251	6.12E+09	13%
09	562,260	421,131	511,942	(90,811)	90,811	8.25E+09	22%
10	645,522	512,638	511,942	696	696	4.85E+05	0%
11	404,688	693,678	511,942	181,736	181,736	3.30E+10	26%
12	530,829	593,874	511,942	81,932	81,932	6.71E+09	14%
<b>4,957,835</b>		<b>6,659,947</b>	<b>6,143,301</b>	<b>516,646</b>	<b>1,152,958</b>	<b>1.62E+11</b>	<b>216%</b>
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico			12	96,080	1.35E+10	18%	
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico			6	94,907	1.42E+10	20%	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 78. Pronóstico exponencial simple, Software XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34. Pronóstico Winter A optimizado, Software XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		24%						39.20%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER A= OPTIMIZADO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	516,374	(191,594)	191,594	3.67E+10	59%	
02	319,537	667,965	517,680	150,285	150,285	2.26E+10	22%	
03	236,008	536,220	518,985	17,235	17,235	2.97E+08	3%	
04	361,978	471,758	520,291	(48,533)	48,533	2.36E+09	10%	
05	146,926	521,126	521,596	(470)	470	2.21E+05	0%	
06	292,504	664,555	522,902	141,653	141,653	2.01E+10	21%	
07	505,629	662,029	524,207	137,822	137,822	1.90E+10	21%	
08	569,704	590,193	525,513	64,680	64,680	4.18E+09	11%	
09	562,260	421,131	526,818	(105,687)	105,687	1.12E+10	25%	
10	645,522	512,638	528,124	(15,486)	15,486	2.40E+08	3%	
11	404,688	693,678	529,429	164,249	164,249	2.70E+10	24%	
12	530,829	593,874	530,735	63,139	63,139	3.99E+09	11%	
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,282,653</b>	<b>377,294</b>	<b>1,100,834</b>	<b>1.48E+11</b>	<b>211%</b>	

	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	12	91,736	1.23E+10	18%
Errores de Pronóstico				
	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	6	91,628	1.37E+10	19%
Errores de Pronóstico				

Fuente: Elaboración propia

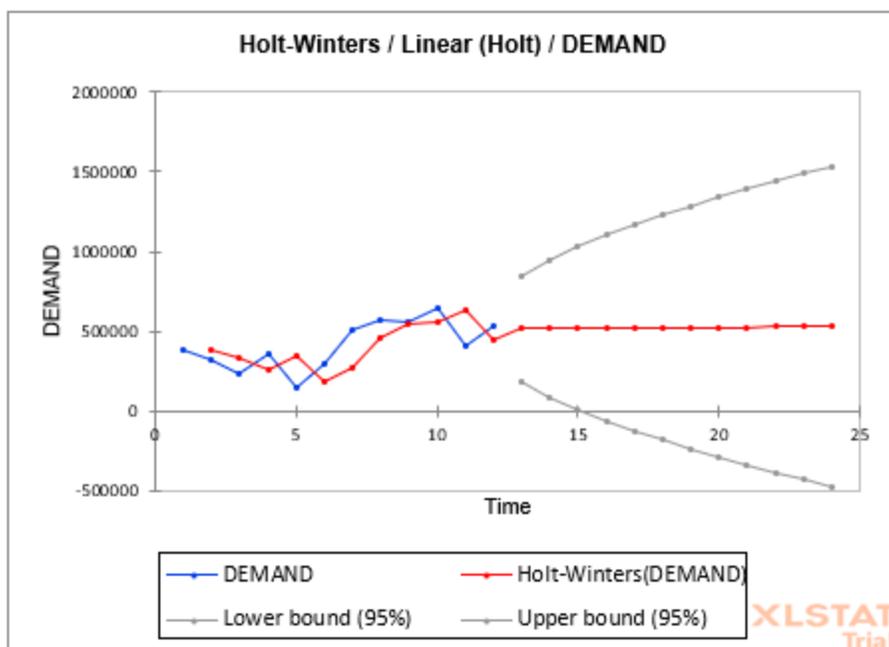


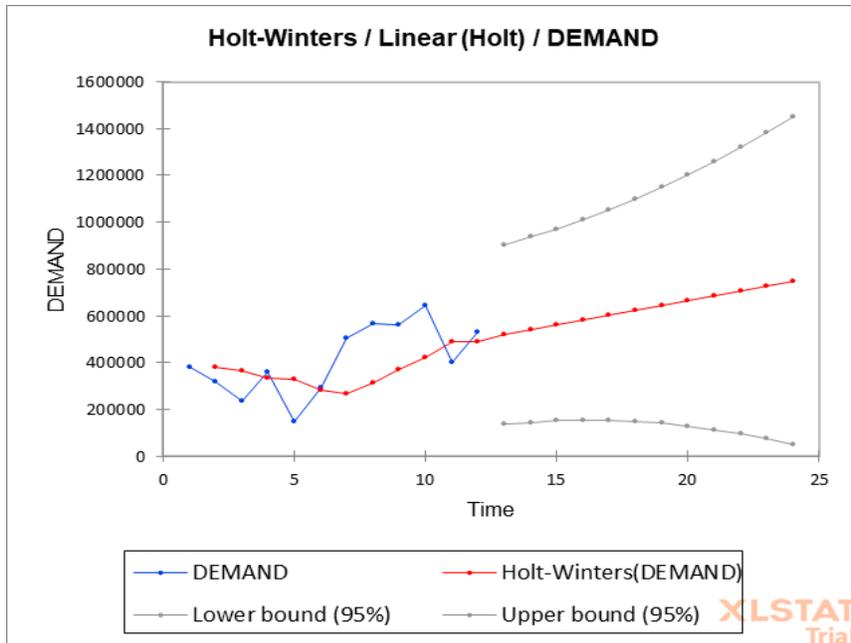
Figura 79. Pronóstico Winter A optimizado, Software XIStat 2020.5.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Pronóstico Winter A = 0.2, Software XIStat 2020.5.1

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		24%	39.20%					
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER A= 0.2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	520,750	(195,970)	195,970	3.84E+10	60%	
02	319,537	667,965	541,609	126,356	126,356	1.60E+10	19%	
03	236,008	536,220	562,467	(26,247)	26,247	6.89E+08	5%	
04	361,978	471,758	583,325	(111,567)	111,567	1.24E+10	24%	
05	146,926	521,126	604,183	(83,057)	83,057	6.90E+09	16%	
06	292,504	664,555	625,041	39,514	39,514	1.56E+09	6%	
07	505,629	662,029	645,899	16,130	16,130	2.60E+08	2%	
08	569,704	590,193	666,758	(76,565)	76,565	5.86E+09	13%	
09	562,260	421,131	687,616	(266,485)	266,485	7.10E+10	63%	
10	645,522	512,638	708,474	(195,836)	195,836	3.84E+10	38%	
11	404,688	693,678	729,332	(35,654)	35,654	1.27E+09	5%	
12	530,829	593,874	750,190	(156,316)	156,316	2.44E+10	26%	
		<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>7,625,645</b>	<b>(965,698)</b>	<b>1,329,697</b>	<b>2.17E+11</b>	<b>278%</b>
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			12	110,808	1.81E+10	23%		
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			6	97,119	1.27E+10	22%		

Fuente: Elaboración propia



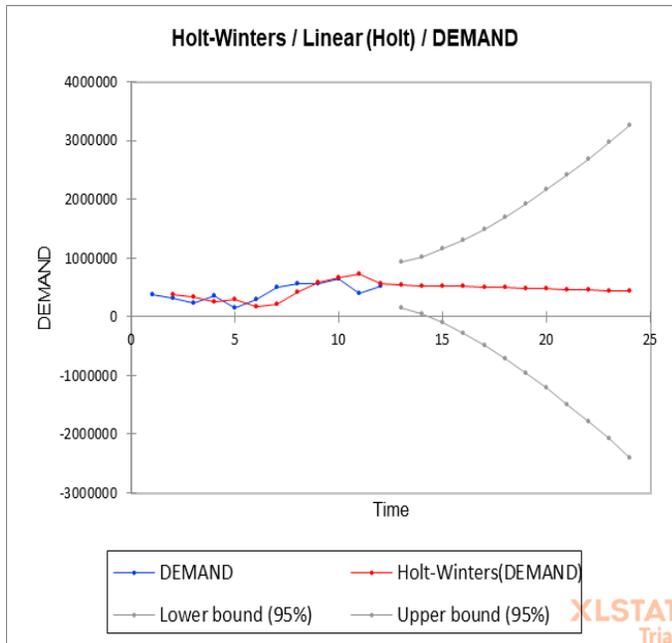
**Figura 80. Pronóstico Winter A = 0.2, Software XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36. Pronóstico Winter A = 0.5, Software XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		24%	39.57%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER A=0.5	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	541,444	(216,664)	216,664	4.69E+10	67%
02	319,537	667,965	531,719	136,246	136,246	1.86E+10	20%
03	236,008	536,220	521,994	14,226	14,226	2.02E+08	3%
04	361,978	471,758	512,269	(40,511)	40,511	1.64E+09	9%
05	146,926	521,126	502,544	18,582	18,582	3.45E+08	4%
06	292,504	664,555	492,820	171,735	171,735	2.95E+10	26%
07	505,629	662,029	483,095	178,934	178,934	3.20E+10	27%
08	569,704	590,193	473,370	116,823	116,823	1.36E+10	20%
09	562,260	421,131	463,645	(42,514)	42,514	1.81E+09	10%
10	645,522	512,638	453,921	58,717	58,717	3.45E+09	11%
11	404,688	693,678	444,196	249,482	249,482	6.22E+10	36%
12	530,829	593,874	434,471	159,403	159,403	2.54E+10	27%
<b>4,957,835</b>		<b>6,659,947</b>	<b>5,855,487</b>	<b>804,460</b>	<b>1,403,838</b>	<b>2.36E+11</b>	<b>259%</b>
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico			12	116,986	1.96E+10	22%	
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico			6	99,661	1.62E+10	21%	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 81. Pronóstico Winter A = 0.5, Software XIStat 2020.5.1**

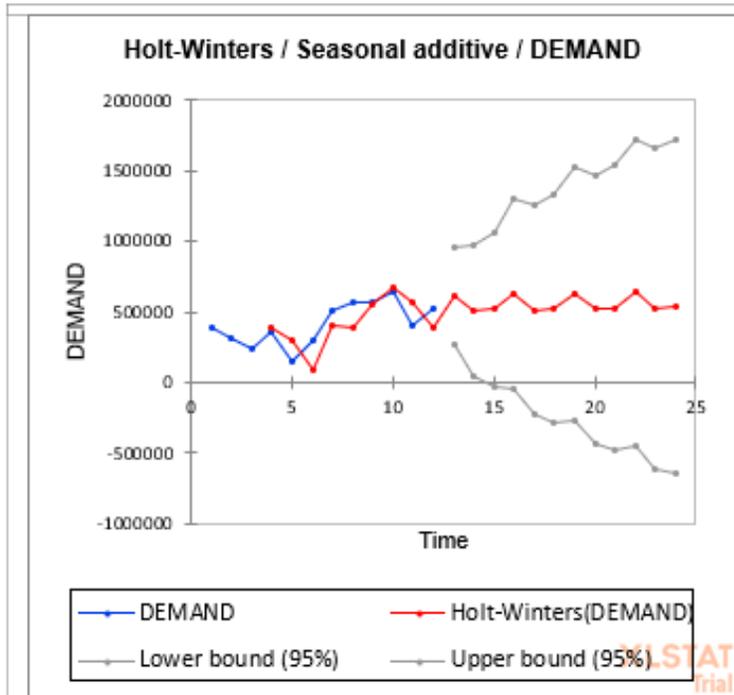
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		24%					37.66%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER Estacional ADITIVO L=3 A=OPTIMO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	617,995	(293,215)	293,215	8.60E+10	90%
02	319,537	667,965	507,845	160,120	160,120	2.56E+10	24%
03	236,008	536,220	517,787	18,433	18,433	3.40E+08	3%
04	361,978	471,758	624,387	(152,629)	152,629	2.33E+10	32%
05	146,926	521,126	514,237	6,889	6,889	4.75E+07	1%
06	292,504	664,555	524,179	140,376	140,376	1.97E+10	21%
07	505,629	662,029	630,780	31,249	31,249	9.77E+08	5%
08	569,704	590,193	520,630	69,563	69,563	4.84E+09	12%
09	562,260	421,131	530,572	(109,441)	109,441	1.20E+10	26%
10	645,522	512,638	637,172	(124,534)	124,534	1.55E+10	24%
11	404,688	693,678	527,022	166,656	166,656	2.78E+10	24%
12	530,829	593,874	536,964	56,910	56,910	3.24E+09	10%
<b>4,957,835</b>		<b>6,659,947</b>	<b>6,689,571</b>	<b>(29,624)</b>	<b>1,330,015</b>	<b>2.19E+11</b>	<b>273%</b>

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	110,835	1.83E+10	23%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	128,610	2.58E+10	29%

Fuente: Elaboración propia



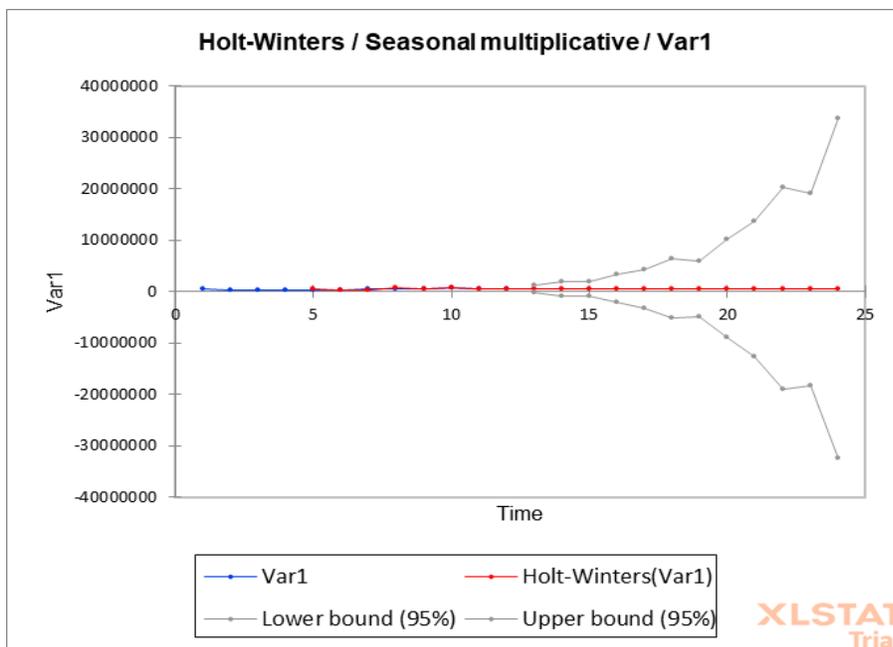
**Figura 82. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38. Pronóstico estacional multiplicativo A=Opt Q4, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Estacional Multiplicativo a=Opti, Q4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	468,416	(143,636)	143,636	2.06E+10	44%	
02	319,537	667,965	538,354	129,611	129,611	1.68E+10	19%	
03	236,008	536,220	398,427	137,793	137,793	1.90E+10	26%	
04	361,978	471,758	544,724	(72,966)	72,966	5.32E+09	15%	
05	146,926	521,126	474,534	46,592	46,592	2.17E+09	9%	
06	292,504	664,555	545,363	119,192	119,192	1.42E+10	18%	
07	505,629	662,029	403,597	258,432	258,432	6.68E+10	39%	
08	569,704	590,193	551,770	38,423	38,423	1.48E+09	7%	
09	562,260	421,131	480,652	(59,521)	59,521	3.54E+09	14%	
10	645,522	512,638	552,371	(39,733)	39,733	1.58E+09	8%	
11	404,688	693,678	408,767	284,911	284,911	8.12E+10	41%	
12	530,829	593,874	558,815	35,059	35,059	1.23E+09	6%	
		<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>5,925,794</b>	<b>734,153</b>	<b>1,365,868</b>	<b>2.34E+11</b>	<b>246%</b>
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			12	113,822	1.95E+10	21%		
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico			6	108,298	1.30E+10	22%		

Fuente: Elaboración propia



**Figura 83. Pronóstico estacional multiplicativo A=Opt Q4, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

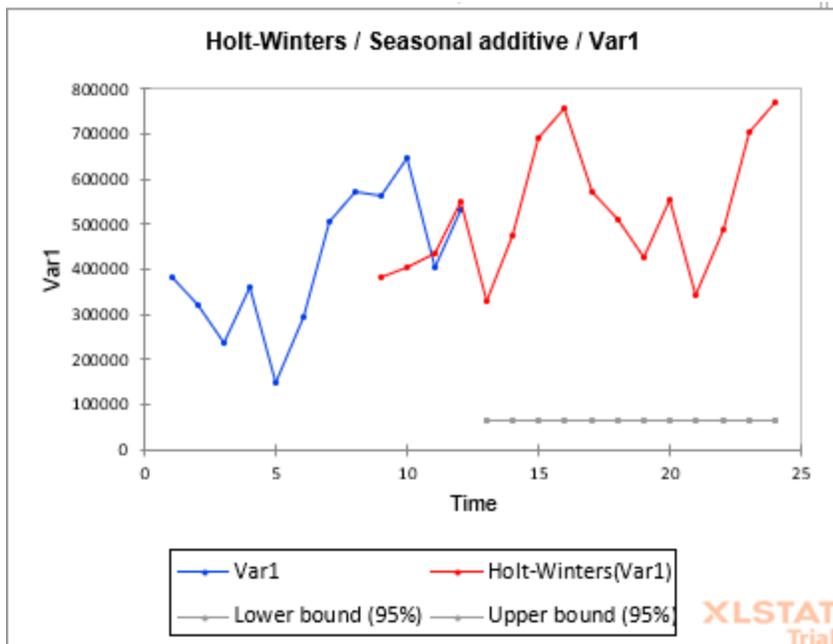
**Tabla 39. Pronóstico estacional aditivo A=Opti, Q=optimo, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
			8				
24%			16.01%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Estacional Aditivo a=Opti, Q=Optimo	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	327,078	(2,298)	2,298	5.28E+06	1%
02	319,537	667,965	474,394	193,571	193,571	3.75E+10	29%
03	236,008	536,220	689,257	(153,037)	153,037	2.34E+10	29%
04	361,978	471,758	755,070	(283,312)	283,312	8.03E+10	60%
05	146,926	521,126	570,314	(49,188)	49,188	2.42E+09	9%
06	292,504	664,555	509,666	154,889	154,889	2.40E+10	23%
07	505,629	662,029	426,425	235,604	235,604	5.55E+10	36%
08	569,704	590,193	554,295	35,898	35,898	1.29E+09	6%
09	562,260	421,131	340,981	80,150	80,150	6.42E+09	19%
10	645,522	512,638	488,297	24,341	24,341	5.92E+08	5%
11	404,688	693,678	703,160	(9,482)	9,482	8.99E+07	1%
12	530,829	593,874	768,973	(175,099)	175,099	3.07E+10	29%
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,607,909</b>	<b>52,038</b>	<b>1,396,868</b>	<b>2.62E+11</b>	<b>247%</b>

	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	12	116,406	2.18E+10	21%
Errores de Pronóstico				
Numero de Periodos (n)	6	139,382	2.79E+10	25%
Errores de Pronóstico				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 84. Pronóstico estacional aditivo A=Opti, Q=optimo, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.2 PRUEBAS ESTADÍSTICAS EN LA DEMANDA CLASE "A", MINITAB

A continuación, se presentan los resultados de la demanda clase A, en el Software Minitab.

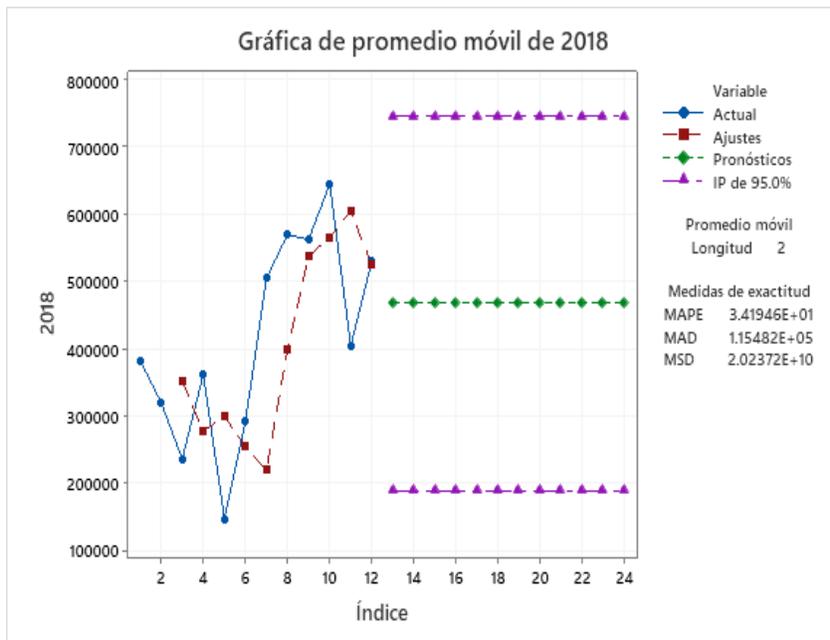
En el siguiente cuadro resumen se muestran el modelo de pronóstico modelado en Minitab en la serie de tiempo promedio móvil, mostrando como resultado positivo un 3% en relación con el MAPE establecido.

**Tabla 40. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		24%						3.41%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Mòvil longitud 2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	467,759	(142,979)	142,979	2.04E+10	44%	
02	319,537	667,965	467,759	200,206	200,206	4.01E+10	30%	
03	236,008	536,220	467,759	68,461	68,461	4.69E+09	13%	
04	361,978	471,758	467,759	3,999	3,999	1.60E+07	1%	
05	146,926	521,126	467,759	53,367	53,367	2.85E+09	10%	
06	292,504	664,555	467,759	196,796	196,796	3.87E+10	30%	
07	505,629	662,029	467,759	194,270	194,270	3.77E+10	29%	
08	569,704	590,193	467,759	122,434	122,434	1.50E+10	21%	
09	562,260	421,131	467,759	(46,628)	46,628	2.17E+09	11%	
10	645,522	512,638	467,759	44,879	44,879	2.01E+09	9%	
11	404,688	693,678	467,759	225,919	225,919	5.10E+10	33%	
12	530,829	593,874	467,759	126,115	126,115	1.59E+10	21%	
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>5,613,108</b>	<b>1,046,839</b>	<b>1,426,053</b>	<b>2.31E+11</b>	<b>251%</b>	

	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	12	118,838	1.92E+10	20.9%
Errores de Pronóstico				
Numero de Periodos (n)	6	110,968	1.78E+10	21%
Errores de Pronóstico				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 85. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0**

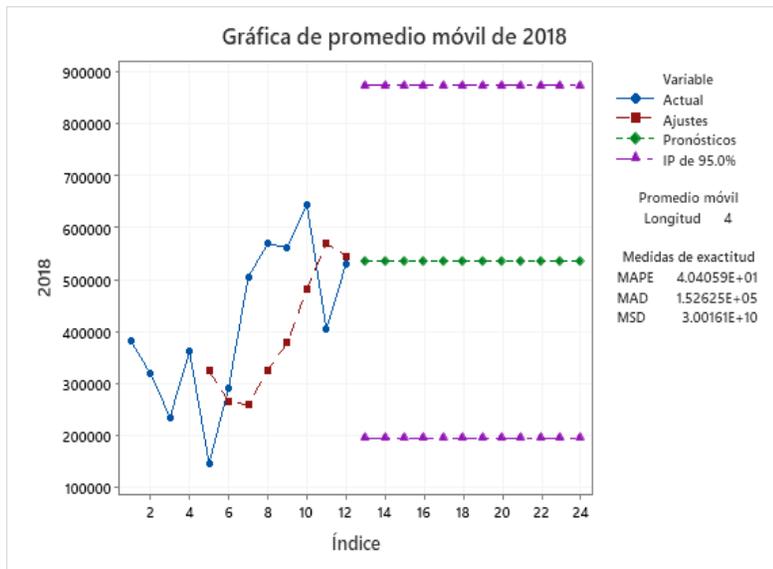
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			24%					4.04%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01	382,250	324,780	535,825	(211,045)	211,045	4.45E+10	65%					
02	319,537	667,965	535,825	132,140	132,140	1.75E+10	20%					
03	236,008	536,220	535,825	395	395	1.56E+05	0%					
04	361,978	471,758	535,825	(64,067)	64,067	4.10E+09	14%					
05	146,926	521,126	535,825	(14,699)	14,699	2.16E+08	3%					
06	292,504	664,555	535,825	128,730	128,730	1.66E+10	19%					
07	505,629	662,029	535,825	126,204	126,204	1.59E+10	19%					
08	569,704	590,193	535,825	54,368	54,368	2.96E+09	9%					
09	562,260	421,131	535,825	(114,694)	114,694	1.32E+10	27%					
10	645,522	512,638	535,825	(23,187)	23,187	5.38E+08	5%					
11	404,688	693,678	535,825	157,853	157,853	2.49E+10	23%					
12	530,829	593,874	535,825	58,049	58,049	3.37E+09	10%					
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,429,900</b>	<b>230,047</b>	<b>1,085,431</b>	<b>1.44E+11</b>	<b>213%</b>					

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico	12		90,453	1.20E+10	17.8%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico	6		91,846	1.38E+10	20.1%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 86. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

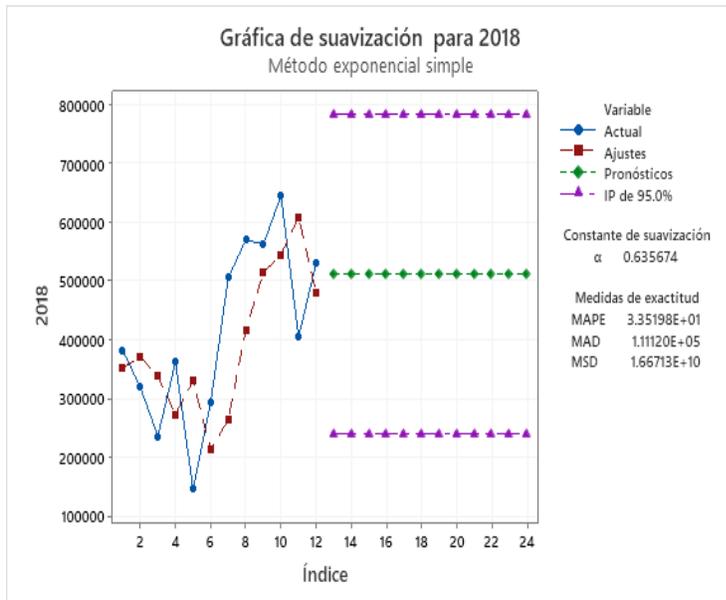
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		24%		MAPE HERRAMIENTA				3.35%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Suavización Exponencial Simple	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	511,967	(187,187)	187,187	3.50E+10	58%	
02	319,537	667,965	511,967	155,998	155,998	2.43E+10	23%	
03	236,008	536,220	511,967	24,253	24,253	5.88E+08	5%	
04	361,978	471,758	511,967	(40,209)	40,209	1.62E+09	9%	
05	146,926	521,126	511,967	9,159	9,159	8.39E+07	2%	
06	292,504	664,555	511,967	152,588	152,588	2.33E+10	23%	
07	505,629	662,029	511,967	150,062	150,062	2.25E+10	23%	
08	569,704	590,193	511,967	78,226	78,226	6.12E+09	13%	
09	562,260	421,131	511,967	(90,836)	90,836	8.25E+09	22%	
10	645,522	512,638	511,967	671	671	4.50E+05	0%	
11	404,688	693,678	511,967	181,711	181,711	3.30E+10	26%	
12	530,829	593,874	511,967	81,907	81,907	6.71E+09	14%	
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,143,604</b>	<b>516,343</b>	<b>1,152,807</b>	<b>1.62E+11</b>	<b>216%</b>	

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	96,067	1.35E+10	18.0%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	94,899	1.42E+10	19.8%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 87. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0**

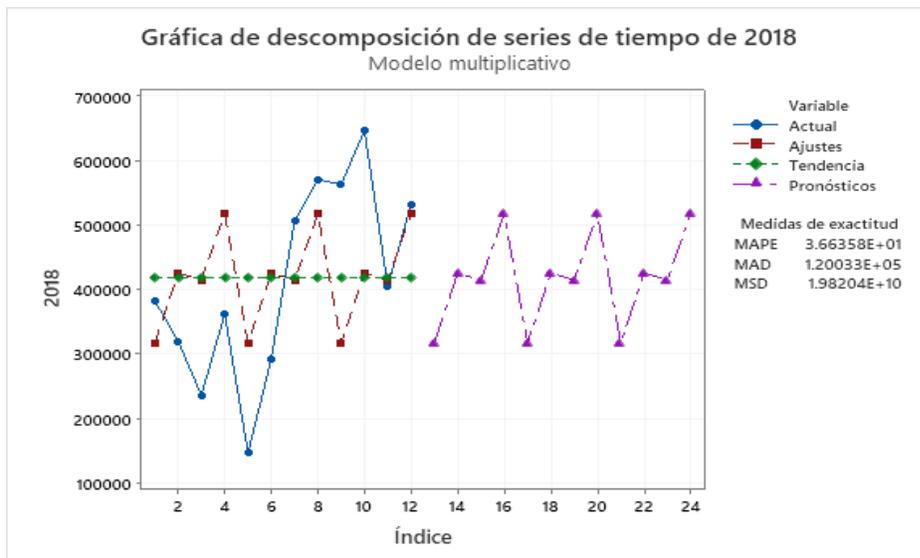
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		24%		MAPE HERRAMIENTA				3.67%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Modelo Multiplicativo estacional solamente	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	316,916	7,864	7,864	6.18E+07	2%	
02	319,537	667,965	424,985	242,980	242,980	5.90E+10	36%	
03	236,008	536,220	414,409	121,811	121,811	1.48E+10	23%	
04	361,978	471,758	516,638	(44,880)	44,880	2.01E+09	10%	
05	146,926	521,126	316,916	204,210	204,210	4.17E+10	39%	
06	292,504	664,555	424,985	239,570	239,570	5.74E+10	36%	
07	505,629	662,029	414,409	247,620	247,620	6.13E+10	37%	
08	569,704	590,193	516,638	73,555	73,555	5.41E+09	12%	
09	562,260	421,131	316,916	104,215	104,215	1.09E+10	25%	
10	645,522	512,638	424,985	87,653	87,653	7.68E+09	17%	
11	404,688	693,678	414,409	279,269	279,269	7.80E+10	40%	
12	530,829	593,874	516,638	77,236	77,236	5.97E+09	13%	
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>5,018,844</b>	<b>1,641,103</b>	<b>1,730,863</b>	<b>3.44E+11</b>	<b>291%</b>	

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	144,239	2.87E+10	24.3%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	143,553	2.92E+10	24%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 88. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

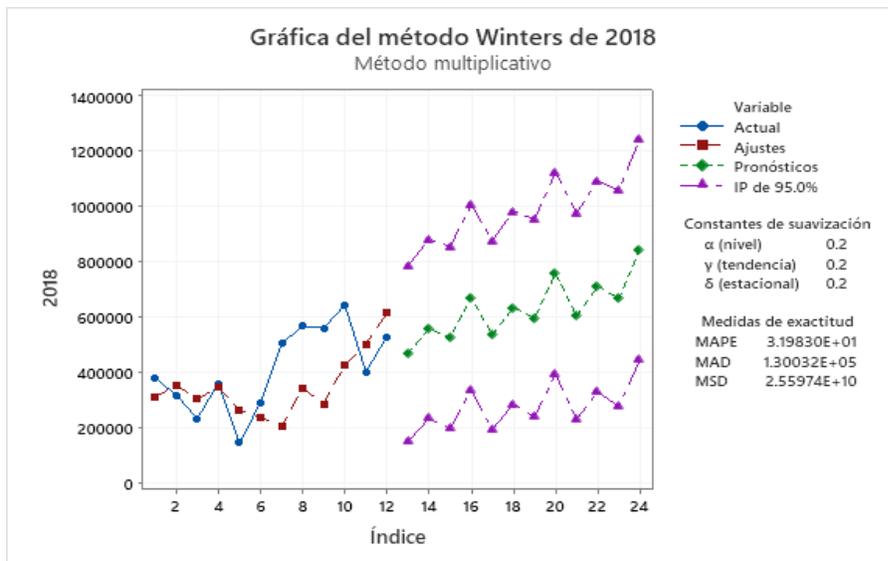
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44. Pronóstico winters multiplicativo I=4 a=0.2, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			24%					3.19%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Winters Multiplicativo I=4 a=0.2									
			Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)						
01	382,250	324,780	470,250	(145,470)	145,470	2.12E+10	45%					
02	319,537	667,965	559,014	108,951	108,951	1.19E+10	16%					
03	236,008	536,220	527,799	8,421	8,421	7.09E+07	2%					
04	361,978	471,758	672,987	(201,229)	201,229	4.05E+10	43%					
05	146,926	521,126	537,621	(16,495)	16,495	2.72E+08	3%					
06	292,504	664,555	636,333	28,222	28,222	7.96E+08	4%					
07	505,629	662,029	598,360	63,669	63,669	4.05E+09	10%					
08	569,704	590,193	760,049	(169,856)	169,856	2.89E+10	29%					
09	562,260	421,131	604,992	(183,861)	183,861	3.38E+10	44%					
10	645,522	512,638	713,652	(201,014)	201,014	4.04E+10	39%					
11	404,688	693,678	668,922	24,756	24,756	6.13E+08	4%					
12	530,829	593,874	847,110	(253,236)	253,236	6.41E+10	43%					
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>7,597,089</b>	<b>(937,142)</b>	<b>1,405,180</b>	<b>2.47E+11</b>	<b>280%</b>					

	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	12	117,098	2.05E+10	23.4%
Errores de Pronóstico				
	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Numero de Periodos (n)	6	84,798	1.24E+10	19%
Errores de Pronóstico				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 89. Pronóstico winters multiplicativo I=4 a=0.2, Minitab 20.1.0**

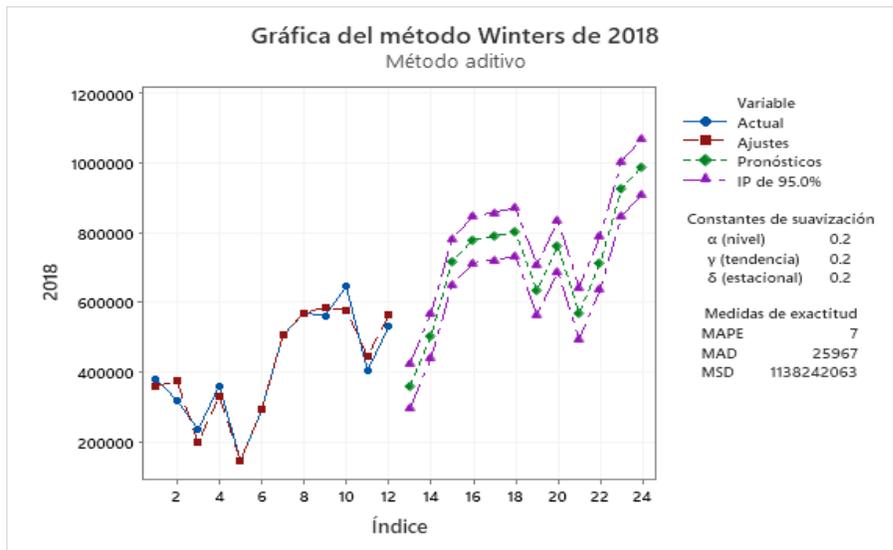
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45. Pronóstico winters aditivo L=8 a=0.5, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		24%						10.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Winters Aditivo L=8 pred A=0.5	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	382,250	324,780	330,309	(5,529)	5,529	3.06E+07	2%	
02	319,537	667,965	465,937	202,028	202,028	4.08E+10	30%	
03	236,008	536,220	669,241	(133,021)	133,021	1.77E+10	25%	
04	361,978	471,758	723,160	(251,402)	251,402	6.32E+10	53%	
05	146,926	521,126	723,034	(201,908)	201,908	4.08E+10	39%	
06	292,504	664,555	728,331	(63,776)	63,776	4.07E+09	10%	
07	505,629	662,029	543,110	118,919	118,919	1.41E+10	18%	
08	569,704	590,193	662,977	(72,784)	72,784	5.30E+09	12%	
09	562,260	421,131	455,711	(34,580)	34,580	1.20E+09	8%	
10	645,522	512,638	591,339	(78,701)	78,701	6.19E+09	15%	
11	404,688	693,678	794,644	(100,966)	100,966	1.02E+10	15%	
12	530,829	593,874	848,562	(254,688)	254,688	6.49E+10	43%	
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>7,536,355</b>	<b>(876,408)</b>	<b>1,518,302</b>	<b>2.68E+11</b>	<b>270%</b>	

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	126,525	2.24E+10	22.5%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	142,944	2.78E+10	26%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 90. Pronóstico winters aditivo L=8 a=0.5, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1.3 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA CLASE A, FORECAST PRO

En el forecast Pro, la forma de realizar los pronósticos es diferente a como se evaluó la demanda en los otros Software, ya que el sistema analiza la información y muestra el resultado de manera automática, como se puede observar en la siguiente tabla:

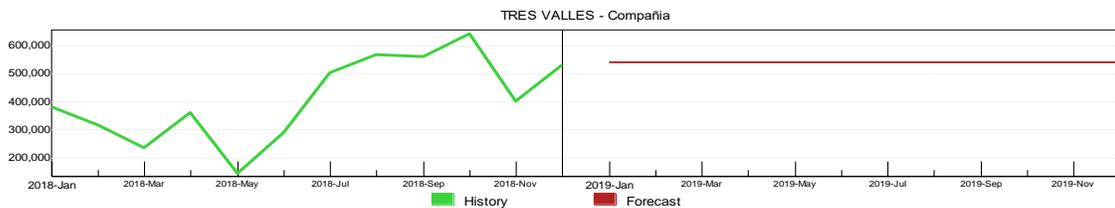
**Tabla 46. Pronóstico automático, Forecast Pro TRAC v6.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		24%					33.53%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : AUTOMATICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	543,645	(218,865)	218,865	4.79E+10	67%
02	319,537	667,965	543,645	124,320	124,320	1.55E+10	19%
03	236,008	536,220	543,645	(7,425)	7,425	5.51E+07	1%
04	361,978	471,758	543,645	(71,887)	71,887	5.17E+09	15%
05	146,926	521,126	543,645	(22,519)	22,519	5.07E+08	4%
06	292,504	664,555	543,645	120,910	120,910	1.46E+10	18%
07	505,629	662,029	543,645	118,384	118,384	1.40E+10	18%
08	569,704	590,193	543,645	46,548	46,548	2.17E+09	8%
09	562,260	421,131	543,645	(122,514)	122,514	1.50E+10	29%
10	645,522	512,638	543,645	(31,007)	31,007	9.61E+08	6%
11	404,688	693,678	543,645	150,033	150,033	2.25E+10	22%
12	530,829	593,874	543,645	50,229	50,229	2.52E+09	8%
<b>4,957,835</b>		<b>6,659,947</b>	<b>6,523,740</b>	<b>136,207</b>	<b>1,084,641</b>	<b>1.41E+11</b>	<b>216%</b>

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico	12		90,387	1.17E+10	18%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
Errores de Pronóstico	6		94,321	1.40E+10	21%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 91. Pronóstico automático, Forecast Pro-TRAC v6.1**

Fuente: Elaboración propia

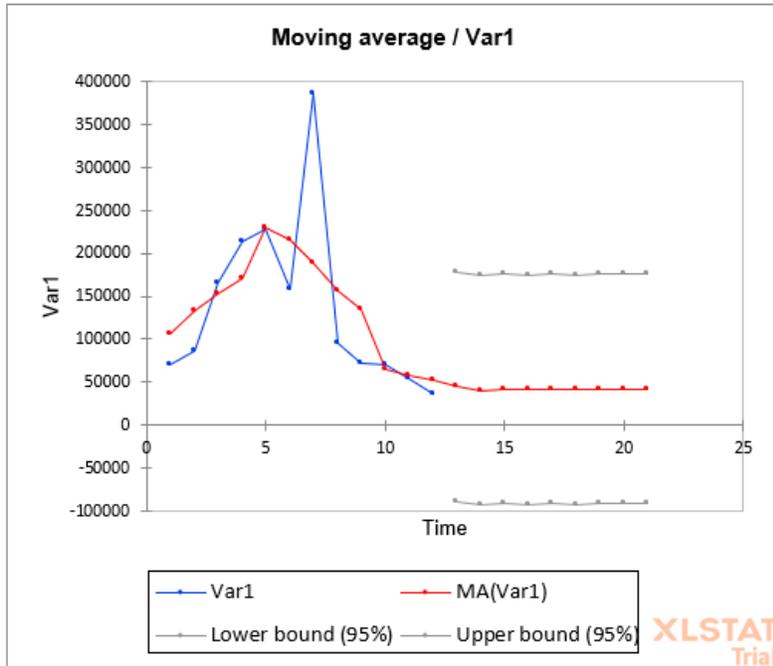
#### 4.3.1.4 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO "727980" XLSTAT

En este estilo se muestran las pruebas con resultados favorables y más cercanos a la demanda real y el MAPE real que se tenía, como se podrá observar en las siguientes tablas que se presentan a continuación, detallando cada modelo de pronóstico utilizado en ellos.

**Tabla 47. Pronóstico promedio móvil L=2, XLStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			50%					36.36%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%					
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%					
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%					
04	69,621	39,157	44,857	(5,700)	5,700	3.25E+07	15%					
05	85,987	82,925	40,227	42,698	42,698	1.82E+09	51%					
06	164,915	65,749	42,542	23,207	23,207	5.39E+08	35%					
07	213,817	178,138	41,385	136,754	136,754	1.87E+10	77%					
08	228,213	94,960	41,963	52,997	52,997	2.81E+09	56%					
09	158,425	162,748	41,674	121,074	121,074	1.47E+10	74%					
10	384,920	264,911	41,819	223,092	223,092	4.98E+10	84%					
11	96,073	117,724	41,746	75,978	75,978	5.77E+09	65%					
12	73,042	24,179	41,782	(17,603)	17,603	3.10E+08	73%					
<b>1,475,013</b>		<b>1,190,014</b>	<b>537,518</b>	<b>652,496</b>	<b>699,103</b>	<b>9.44E+10</b>	<b>530%</b>					
		<b>PERIODOS</b>	<b>D</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>						
			12	58,259	7.87E+09	44%						
		<b>PERIODOS</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>							
			6	11,934	3.99E+08	17%						

Fuente: Elaboración propia



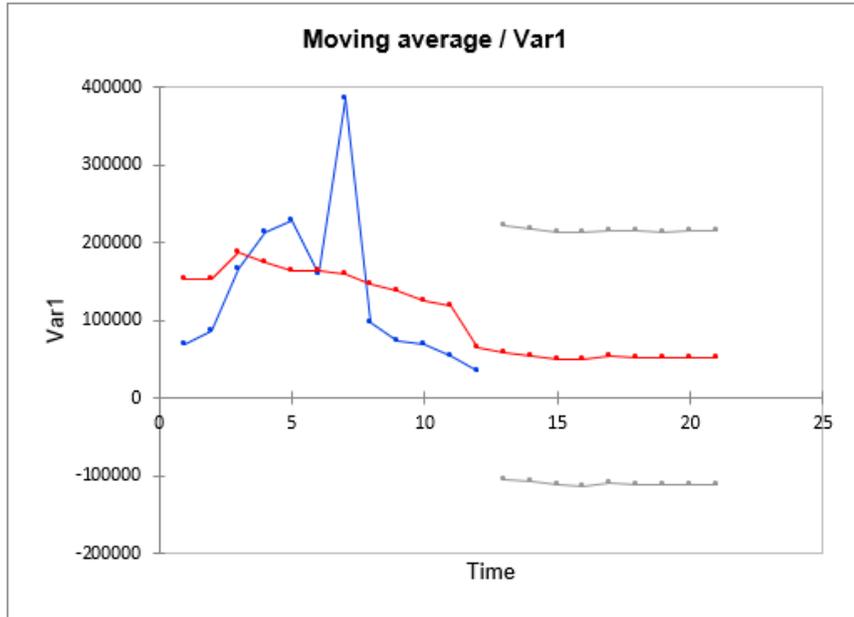
**Figura 92. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE		50%	MAPE HERRAMIENTA					61.82%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%	
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%	
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%	
04	69,621	39,157	58,141	(18,984)	18,984	3.60E+08	48%	
05	85,987	82,925	54,416	28,509	28,509	8.13E+08	34%	
06	164,915	65,749	50,568	15,181	15,181	2.30E+08	23%	
07	213,817	178,138	49,681	128,457	128,457	1.65E+10	72%	
08	228,213	94,960	53,201	41,759	41,759	1.74E+09	44%	
09	158,425	162,748	51,966	110,782	110,782	1.23E+10	68%	
10	384,920	264,911	51,354	213,557	213,557	4.56E+10	81%	
11	96,073	117,724	51,551	66,173	66,173	4.38E+09	56%	
12	73,042	24,179	52,018	(27,839)	27,839	7.75E+08	115%	
	<b>1,475,013</b>	<b>1,190,014</b>	<b>632,419</b>	<b>557,595</b>	<b>651,241</b>	<b>8.27E+10</b>	<b>542%</b>	
			PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE	
			12		54,270	6.89E+09	45%	
			PERIODOS		MAD	ECM	MAPE	
			6		10,446	2.34E+08	18%	

Fuente: Elaboración propia



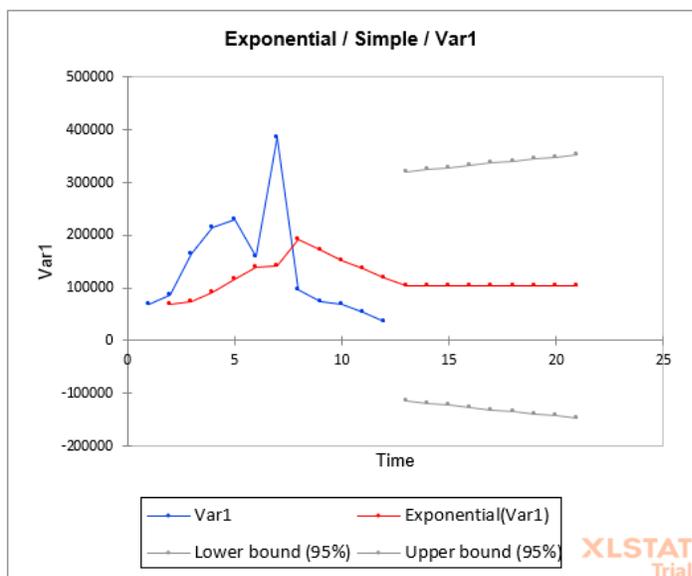
**Figura 93. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49. Pronóstico suavización exponencial simple, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE		50%	MAPE HERRAMIENTA				90.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Exponencial Simple	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%
04	69,621	39,157	102,596	(63,439)	63,439	4.02E+09	162%
05	85,987	82,925	102,596	(19,671)	19,671	3.87E+08	24%
06	164,915	65,749	102,596	(36,847)	36,847	1.36E+09	56%
07	213,817	178,138	102,596	75,542	75,542	5.71E+09	42%
08	228,213	94,960	102,596	(7,636)	7,636	5.83E+07	8%
09	158,425	162,748	102,596	60,152	60,152	3.62E+09	37%
10	384,920	264,911	102,596	162,315	162,315	2.63E+10	61%
11	96,073	117,724	102,596	15,128	15,128	2.29E+08	13%
12	73,042	24,179	102,596	(78,417)	78,417	6.15E+09	324%
<b>1,475,013</b>		<b>1,190,014</b>	<b>1,082,886</b>	<b>107,128</b>	<b>519,147</b>	<b>4.79E+10</b>	<b>728%</b>
PERIODOS		D	MAD	ECM	MAPE		
12			43,262	3.99E+09	60.6%		
PERIODOS			MAD	ECM	MAPE		
6			19,993	9.62E+08	40%		

Fuente: Elaboración propia



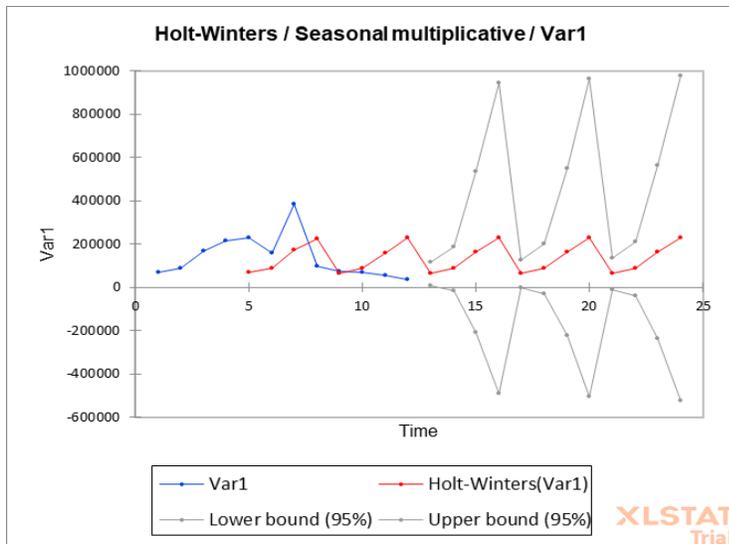
**Figura 94. Pronóstico suavización exponencial simple, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50. Pronóstico estacional multiplicativo a=0.2, Q4, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE		50%	MAPE HERRAMIENTA					205.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Estacional Multiplicativo a=0.2, Q4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%	
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%	
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%	
04	69,621	39,157	69,692	(30,535)	30,535	9.32E+08	78%	
05	85,987	82,925	64,399	18,526	18,526	3.43E+08	22%	
06	164,915	65,749	106,073	(40,324)	40,324	1.63E+09	61%	
07	213,817	178,138	115,668	62,470	62,470	3.90E+09	35%	
08	228,213	94,960	43,541	51,419	51,419	2.64E+09	54%	
09	158,425	162,748	37,733	125,015	125,015	1.56E+10	77%	
10	384,920	264,911	57,079	207,832	207,832	4.32E+10	78%	
11	96,073	117,724	55,267	62,457	62,457	3.90E+09	53%	
12	73,042	24,179	17,391	6,788	6,788	4.61E+07	28%	
	<b>1,475,013</b>	<b>1,190,014</b>	<b>726,367</b>	<b>463,647</b>	<b>605,366</b>	<b>7.22E+10</b>	<b>487%</b>	
			<b>PERIODOS</b>	<b>D</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>	
			12	726,367	50,447	6.02E+09	40.6%	
			<b>PERIODOS</b>		<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>	
			6		14,898	4.84E+08	27%	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 95. Pronóstico estacional multiplicativo  $a=02,Q4$ , XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51. Pronóstico estacional multiplicativo  $a=Opti,Q4$ , XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE		50%	MAPE HERRAMIENTA				143.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Estacional Multiplicativo $a=Opti, Q4$	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%
04	69,621	39,157	61,618	(22,461)	22,461	5.05E+08	57%
05	85,987	82,925	84,993	(2,068)	2,068	4.28E+06	2%
06	164,915	65,749	162,939	(97,190)	97,190	9.45E+09	148%
07	213,817	178,138	226,526	(48,388)	48,388	2.34E+09	27%
08	228,213	94,960	61,671	33,289	33,289	1.11E+09	35%
09	158,425	162,748	85,066	77,682	77,682	6.03E+09	48%
10	384,920	264,911	163,080	101,831	101,831	1.04E+10	38%
11	96,073	117,724	226,722	(108,998)	108,998	1.19E+10	93%
12	73,042	24,179	61,725	(37,546)	37,546	1.41E+09	155%
	<b>1,475,013</b>	<b>1,190,014</b>	<b>1,293,863</b>	<b>(103,849)</b>	<b>529,452</b>	<b>4.31E+10</b>	<b>604%</b>
			<b>PERIODOS</b>	<b>D</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>
			12	1,293,863	44,121	3.59E+09	50.3%
			<b>PERIODOS</b>		<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>
			6		20,286	1.66E+09	35%

Fuente: Elaboración propia

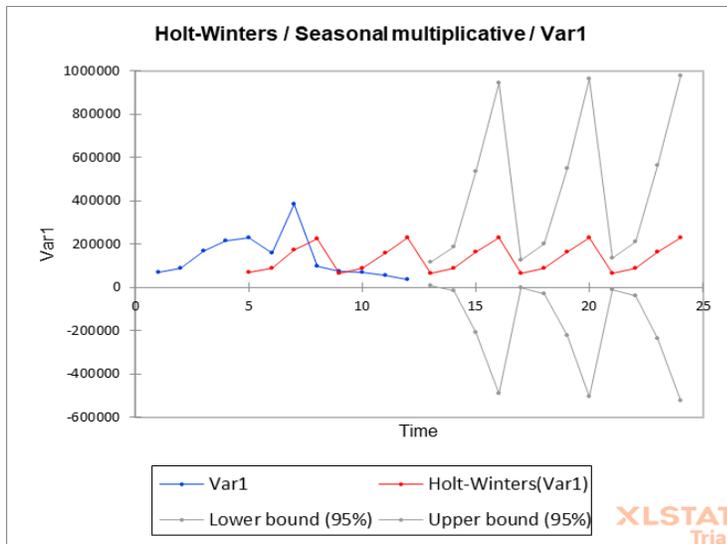


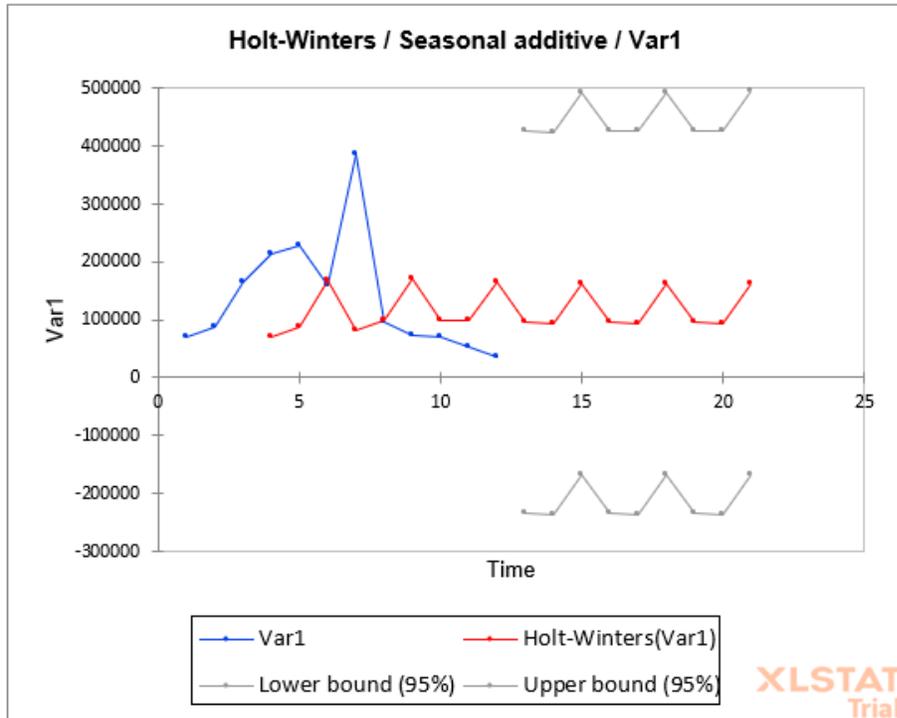
Figura 96. estacional multiplicativo  $a=Opti, Q4$ , XlStat 2020.5.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Winter estacional aditivo  $L=3 A=0.5$ , XlStat 2020.5.1

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		50%					143.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER Estacional ADITIVO L=3 A=0.5	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%
04	69,621	39,157	95,601	(56,444)	56,444	3.19E+09	144%
05	85,987	82,925	94,216	(11,291)	11,291	1.27E+08	14%
06	164,915	65,749	162,287	(96,538)	96,538	9.32E+09	147%
07	213,817	178,138	95,684	82,454	82,454	6.80E+09	46%
08	228,213	94,960	94,299	661	661	4.37E+05	1%
09	158,425	162,748	162,371	377	377	1.42E+05	0%
10	384,920	264,911	95,768	169,143	169,143	2.86E+10	64%
11	96,073	117,724	94,383	23,341	23,341	5.45E+08	20%
12	73,042	24,179	162,454	(138,275)	138,275	1.91E+10	572%
<b>1,475,013</b>		<b>1,190,014</b>	<b>1,216,585</b>	<b>(26,571)</b>	<b>578,524</b>	<b>6.77E+10</b>	<b>1007%</b>
			<b>PERIODOS</b>	<b>D</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>
			12		48,210	5.64E+09	83.9%
			<b>PERIODOS</b>		<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>
			6		27,379	2.11E+09	51%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 97. Winter estacional aditivo L=3 A=0.5, XLStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.5 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 727980, MINITAB

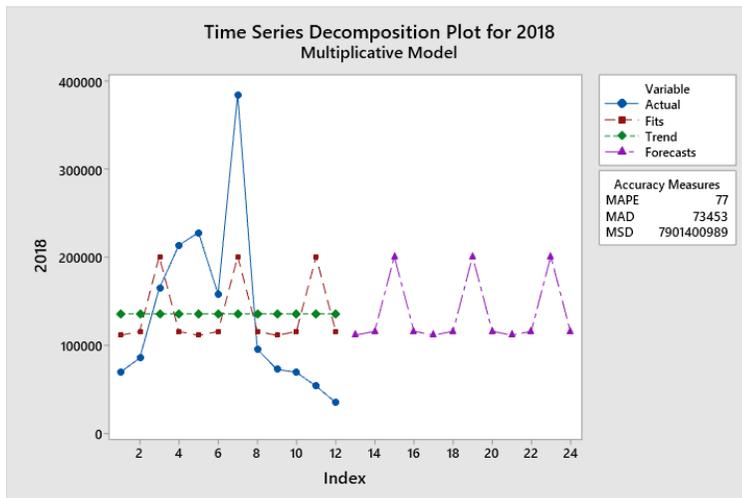
El modelo de pronóstico que más se adapta en este estilo, es el de descomposición aditivo, tendencia más estacional, que mostro ser el modelo con el resultado más optimo, del cual se menciona a detalle en 4.5.1 errores de pronóstico.

**Tabla 53. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			50%					77%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Modelo Multiplicativo estacional solamente	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%					
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%					
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%					
04	69,621	39,157	111,731	(72,574)	72,574	5.27E+09	185%					
05	85,987	82,925	116,145	(33,220)	33,220	1.10E+09	40%					
06	164,915	65,749	201,091	(135,342)	135,342	1.83E+10	206%					
07	213,817	178,138	116,253	61,885	61,885	3.83E+09	35%					
08	228,213	94,960	111,731	(16,771)	16,771	2.81E+08	18%					
09	158,425	162,748	116,145	46,603	46,603	2.17E+09	29%					
10	384,920	264,911	201,091	63,820	63,820	4.07E+09	24%					
11	96,073	117,724	116,253	1,471	1,471	2.16E+06	1%					
12	73,042	24,179	111,731	(87,552)	87,552	7.67E+09	362%					
	<b>1,475,013</b>	<b>1,190,014</b>	<b>1,361,694</b>	<b>(171,680)</b>	<b>519,238</b>	<b>4.27E+10</b>	<b>900%</b>					

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
9	57,693	4.75E+09	100%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
6	40,189	4.11E+09	72%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 98. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.6 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 727980, FORECAST PRO

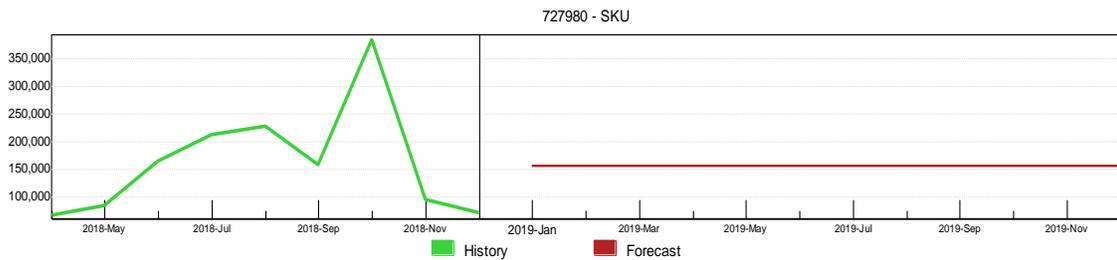
En el Forecast Pro, la forma de realizar los pronósticos es diferente a como se evaluó la demanda en los otros Software, ya que el sistema analiza la información y muestra el resultado de manera automática, como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 54. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA						
			50%					58.53%	
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : AUTOMATICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)		
01		69,809	156,243	(86,434)	86,434	7.47E+09	124%		
02		54,117	156,243	(102,126)	102,126	1.04E+10	189%		
03		35,597	156,243	(120,646)	120,646	1.46E+10	339%		
04	69,621	39,157	156,243	(117,086)	117,086	1.37E+10	299%		
05	85,987	82,925	156,243	(73,318)	73,318	5.38E+09	88%		
06	164,915	65,749	156,243	(90,494)	90,494	8.19E+09	138%		
07	213,817	178,138	156,243	21,895	21,895	4.79E+08	12%		
08	228,213	94,960	156,243	(61,283)	61,283	3.76E+09	65%		
09	158,425	162,748	156,243	6,505	6,505	4.23E+07	4%		
10	384,920	264,911	156,243	108,668	108,668	1.18E+10	41%		
11	96,073	117,724	156,243	(38,519)	38,519	1.48E+09	33%		
12	73,042	24,179	156,243	(132,064)	132,064	1.74E+10	546%		
<b>1,475,013</b>		<b>1,190,014</b>	<b>1,874,916</b>	<b>(684,902)</b>	<b>959,038</b>	<b>9.47E+10</b>	<b>1877%</b>		

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
12		79,920	7.90E+09	156%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
6		98,351	9.95E+09	196%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 99. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1**

Fuente: Elaboración propia

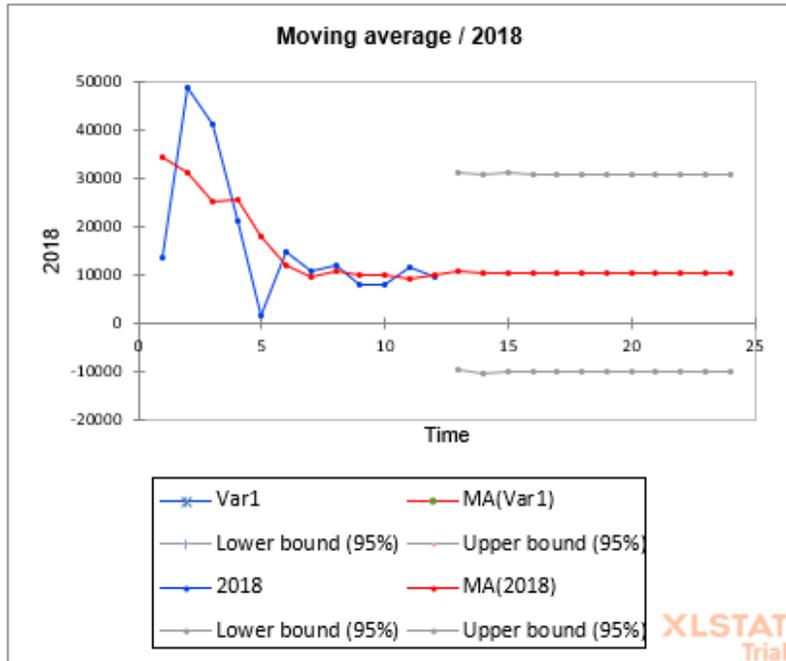
4.3.1.7 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 718839, XLSTATS

En este estilo se muestran las pruebas con resultados favorables y más cercanos a la demanda real y el MAPE real que se tenía, como se podrá observar en las siguientes tablas que se presentan a continuación, detallando cada modelo de pronóstico utilizado en ellos.

**Tabla 55. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		116%					137.89%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	13,609	5,042	10,652	(5,610)	5,610	3.15E+07	111%
02	48,750	12,884	10,173	2,712	2,712	7.35E+06	21%
03	41,280	9,420	10,412	(992)	992	9.85E+05	11%
04	21,192	17,439	10,292	7,147	7,147	5.11E+07	41%
05	1,287	30,084	10,352	19,732	19,732	3.89E+08	66%
06	14,889	16,193	10,322	5,871	5,871	3.45E+07	36%
07	10,596	27,096	10,337	16,759	16,759	2.81E+08	62%
08	12,014	924	10,330	(9,406)	9,406	8.85E+07	1018%
09	7,694		10,334	(10,334)	10,334	1.07E+08	
10	7,788		10,332	(10,332)	10,332	1.07E+08	
11	11,611	21,573	10,333	11,240	11,240	1.26E+08	52%
12	9,693		10,332	(10,332)	10,332	1.07E+08	
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>124,201</b>	<b>16,454</b>	<b>110,465</b>	<b>1.33E+09</b>	<b>1418%</b>
PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE			
	12	9,205	1.11E+08	118%			
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE				
	6	7,010	8.58E+07	48%			

Fuente: Elaboración propia



**Figura 100. Pronóstico promedio móvil L=2, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 56. Pronóstico promedio móvil L=7 PRED (Spencer), XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		116%	134.47%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=7 PRED (Spencer)	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	13,609	5,042	9,796	(4,754)	4,754	2.26E+07	94%
02	48,750	12,884	10,034	2,850	2,850	8.12E+06	22%
03	41,280	9,420	10,098	(678)	678	4.60E+05	7%
04	21,192	17,439	10,131	7,308	7,308	5.34E+07	42%
05	1,287	30,084	10,086	19,998	19,998	4.00E+08	66%
06	14,889	16,193	10,101	6,092	6,092	3.71E+07	38%
07	10,596	27,096	10,136	16,960	16,960	2.88E+08	63%
08	12,014	924	10,127	(9,203)	9,203	8.47E+07	996%
09	7,694		10,129	(10,129)	10,129	1.03E+08	
10	7,788		10,132	(10,132)	10,132	1.03E+08	
11	11,611	21,573	10,134	11,439	11,439	1.31E+08	53%
12	9,693		10,135	(10,135)	10,135	1.03E+08	
<b>200,403</b>		<b>140,655</b>	<b>121,040</b>	<b>19,615</b>	<b>109,678</b>	<b>1.33E+09</b>	<b>1381%</b>
<b>PERIODOS</b>		<b>D</b>	<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>		
12			9,140	1.11E+08	115%		
<b>PERIODOS</b>			<b>MAD</b>	<b>ECM</b>	<b>MAPE</b>		
6			6,947	8.69E+07	45%		

Fuente: Elaboración propia

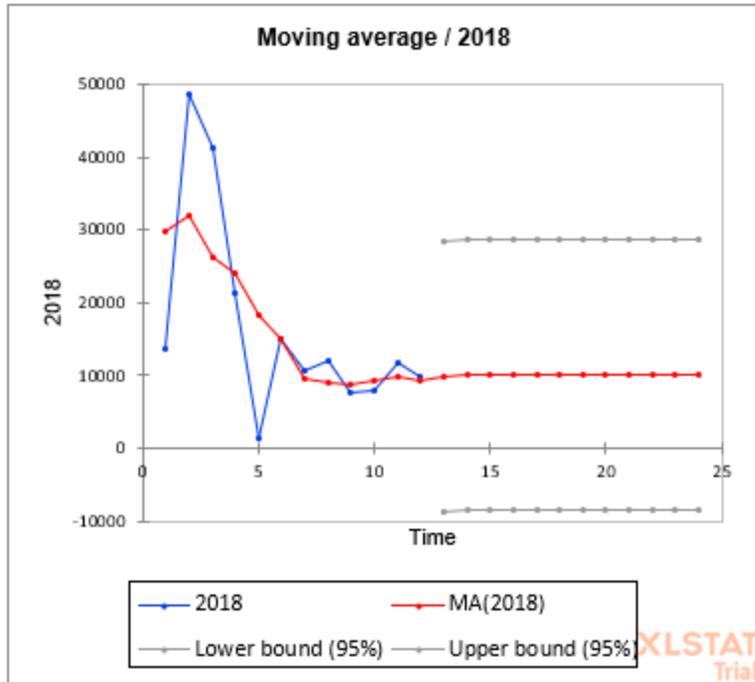


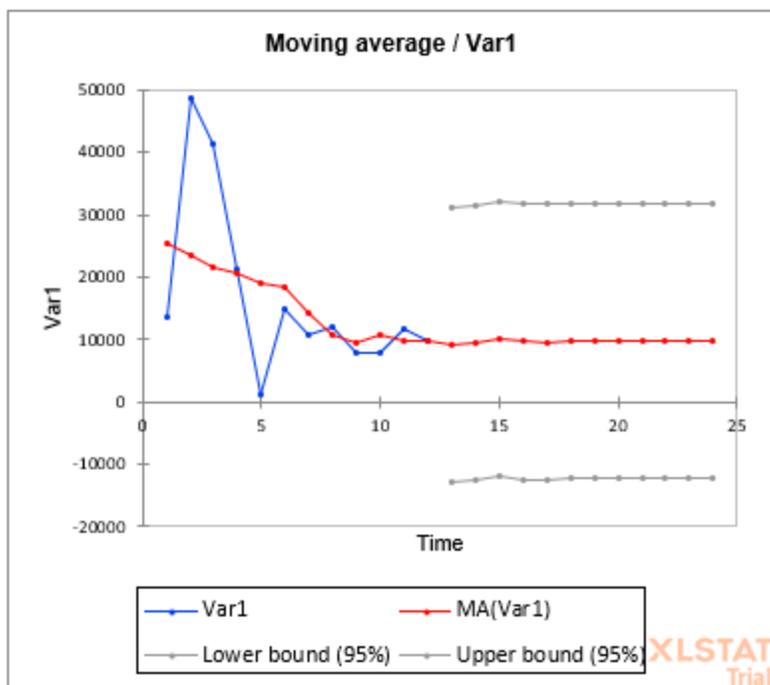
Figura 101. Pronóstico promedio móvil L=7 PRED (Spencer), XlStat 2020.5.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Pronóstico promedio móvil L=4, XlStat 2020.5.1

REAL MAPE		116%	MAPE HERRAMIENTA					142.51%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : PROMEDIO MOVIL L=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	13,609	5,042	9,197	(4,155)	4,155	1.73E+07	82%	
02	48,750	12,884	9,572	3,312	3,312	1.10E+07	26%	
03	41,280	9,420	10,018	(598)	598	3.58E+05	6%	
04	21,192	17,439	9,620	7,819	7,819	6.11E+07	45%	
05	1,287	30,084	9,602	20,482	20,482	4.20E+08	68%	
06	14,889	16,193	9,703	6,490	6,490	4.21E+07	40%	
07	10,596	27,096	9,736	17,360	17,360	3.01E+08	64%	
08	12,014	924	9,665	(8,741)	8,741	7.64E+07	946%	
09	7,694		9,676	(9,676)	9,676	9.36E+07		
10	7,788		9,695	(9,695)	9,695	9.40E+07		
11	11,611	21,573	9,693	11,880	11,880	1.41E+08	55%	
12	9,693		9,682	(9,682)	9,682	9.37E+07		
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>115,859</b>	<b>24,796</b>	<b>109,891</b>	<b>1.35E+09</b>	<b>1333%</b>	
PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE				
12		9,158	1.13E+08	111%				
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE					
6	7,143	9.19E+07	45%					

Fuente: Elaboración propia



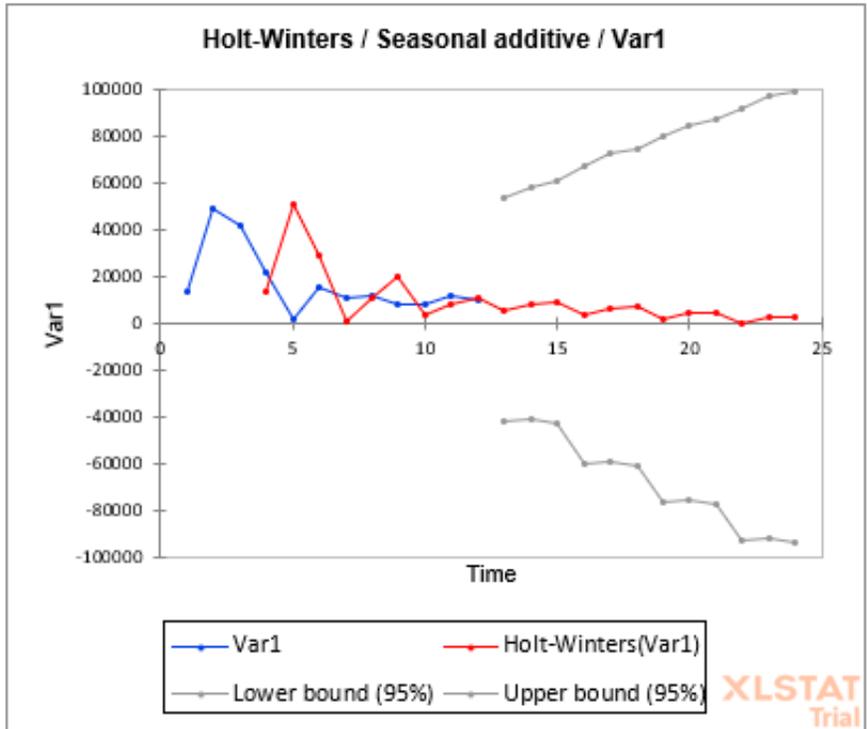
**Figura 102. Pronóstico promedio móvil L=4, XIStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 58. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo, XIStat 2020.5.1**

REAL MAPE		116%	MAPE HERRAMIENTA				540.82%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER Estacional ADITIVO L=3 A=OPTIMO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	13,609	5,042	5,378	(336)	336	1.13E+05	7%
02	48,750	12,884	8,288	4,596	4,596	2.11E+07	36%
03	41,280	9,420	8,677	743	743	5.52E+05	8%
04	21,192	17,439	3,407	14,032	14,032	1.97E+08	80%
05	1,287	30,084	6,317	23,767	23,767	5.65E+08	79%
06	14,889	16,193	6,706	9,487	9,487	9.00E+07	59%
07	10,596	27,096	1,436	25,660	25,660	6.58E+08	95%
08	12,014	924	4,346	(3,422)	3,422	1.17E+07	370%
09	7,694		4,735	(4,735)	4,735	2.24E+07	
10	7,788		(535)	535	535	2.86E+05	
11	11,611	21,573	2,375	19,198	19,198	3.69E+08	89%
12	9,693		2,764	(2,764)	2,764	7.64E+06	
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>53,893</b>	<b>86,762</b>	<b>109,275</b>	<b>1.94E+09</b>	<b>822%</b>
PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE			
12		9,106	1.62E+08	69%			
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE				
6	8,827	1.46E+08	45%				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 103. Pronóstico Winter estacional aditivo L=3 A= optimo, XLStat 2020.5.1**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.8 PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA ESTILO 718839, MINITAB

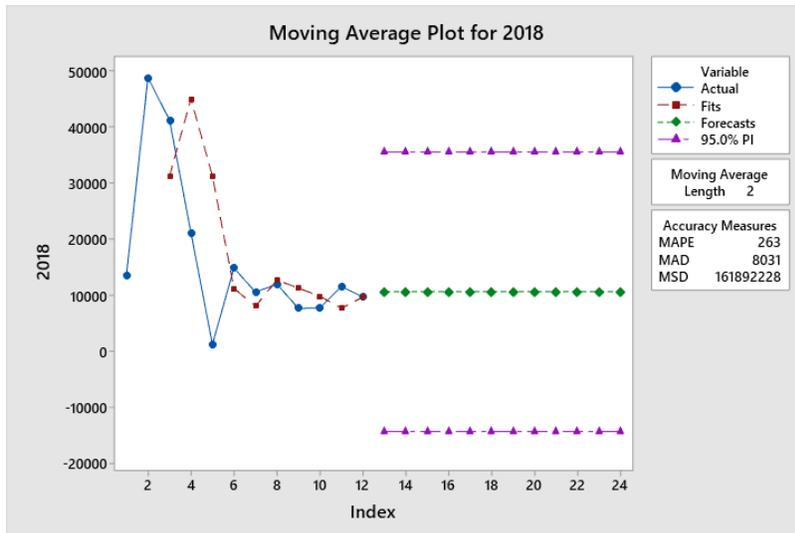
En el estilo que se presenta a continuación se desarrollaron y analizaron las pruebas en base a suavización exponencial, curva de crecimiento y los modelos de Winter, siendo los más cercanos al MAPE real de la compañía.

**Tabla 59. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
			116%					
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	13,609	5,042	10,652	(5,610)	5,610	3.15E+07	111%	
02	48,750	12,884	10,652	2,232	2,232	4.98E+06	17%	
03	41,280	9,420	10,652	(1,232)	1,232	1.52E+06	13%	
04	21,192	17,439	10,652	6,787	6,787	4.61E+07	39%	
05	1,287	30,084	10,652	19,432	19,432	3.78E+08	65%	
06	14,889	16,193	10,652	5,541	5,541	3.07E+07	34%	
07	10,596	27,096	10,652	16,444	16,444	2.70E+08	61%	
08	12,014	924	10,652	(9,728)	9,728	9.46E+07	1053%	
09	7,694		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08		
10	7,788		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08		
11	11,611	21,573	10,652	10,921	10,921	1.19E+08	51%	
12	9,693		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08		
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>127,824</b>	<b>12,831</b>	<b>109,883</b>	<b>1.32E+09</b>	<b>1444%</b>	

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
12		9,157	1.10E+08
6	6,806	8.21E+07	47%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 104. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0**

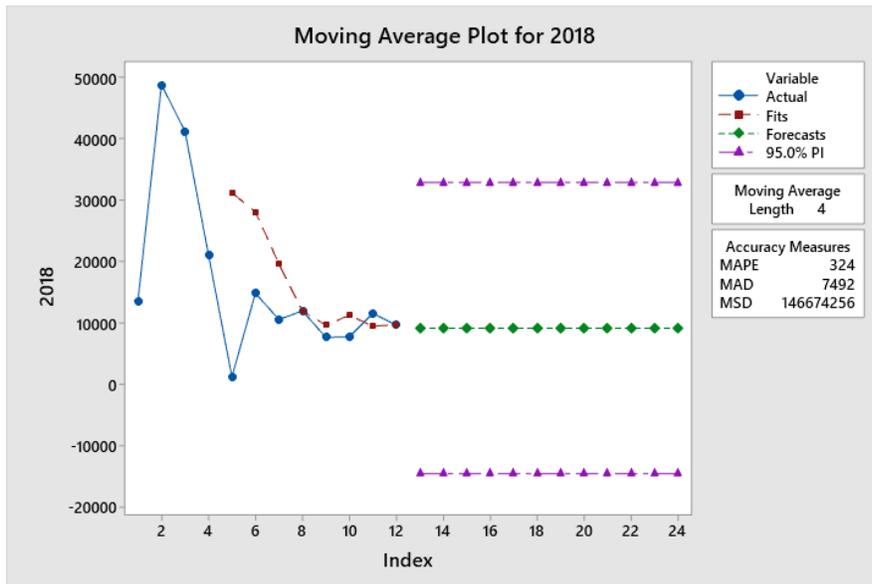
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		116%						324.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	13,609	5,042	9,197	(4,155)	4,155	1.73E+07	82%	
02	48,750	12,884	9,197	3,688	3,688	1.36E+07	29%	
03	41,280	9,420	9,197	224	224	5.00E+04	2%	
04	21,192	17,439	9,197	8,243	8,243	6.79E+07	47%	
05	1,287	30,084	9,197	20,888	20,888	4.36E+08	69%	
06	14,889	16,193	9,197	6,997	6,997	4.90E+07	43%	
07	10,596	27,096	9,197	17,900	17,900	3.20E+08	66%	
08	12,014	924	9,197	(8,273)	8,273	6.84E+07	895%	
09	7,694		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
10	7,788		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
11	11,611	21,573	9,197	12,377	12,377	1.53E+08	57%	
12	9,693		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>110,358</b>	<b>30,297</b>	<b>110,330</b>	<b>1.38E+09</b>	<b>1292%</b>	

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
12	9,194	1.15E+08	108%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
6	7,365	9.73E+07	46%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 105. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

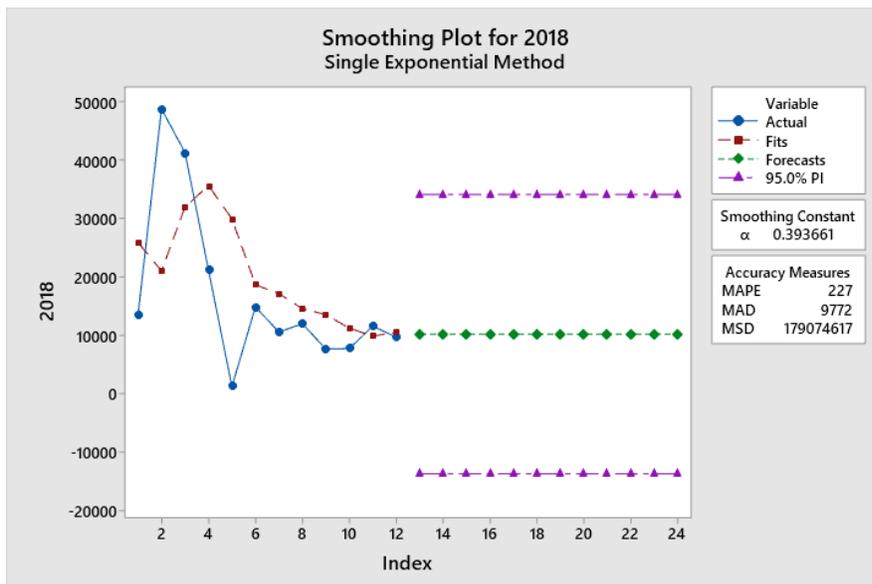
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 61. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					
		116%						227.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Suavización Exponencial Simple	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	13,609	5,042	10,224	(5,182)	5,182	2.69E+07	103%	
02	48,750	12,884	10,224	2,660	2,660	7.07E+06	21%	
03	41,280	9,420	10,224	(804)	804	6.47E+05	9%	
04	21,192	17,439	10,224	7,215	7,215	5.21E+07	41%	
05	1,287	30,084	10,224	19,860	19,860	3.94E+08	66%	
06	14,889	16,193	10,224	5,969	5,969	3.56E+07	37%	
07	10,596	27,096	10,224	16,872	16,872	2.85E+08	62%	
08	12,014	924	10,224	(9,300)	9,300	8.65E+07	1007%	
09	7,694		10,224	(10,224)	10,224	1.05E+08		
10	7,788		10,224	(10,224)	10,224	1.05E+08		
11	11,611	21,573	10,224	11,349	11,349	1.29E+08	53%	
12	9,693		10,224	(10,224)	10,224	1.05E+08		
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>122,690</b>	<b>17,965</b>	<b>109,883</b>	<b>1.33E+09</b>	<b>1398%</b>	

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
12		9,157	1.11E+08
			116%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
6		6,948	8.61E+07
			46%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 106. Pronóstico suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0**

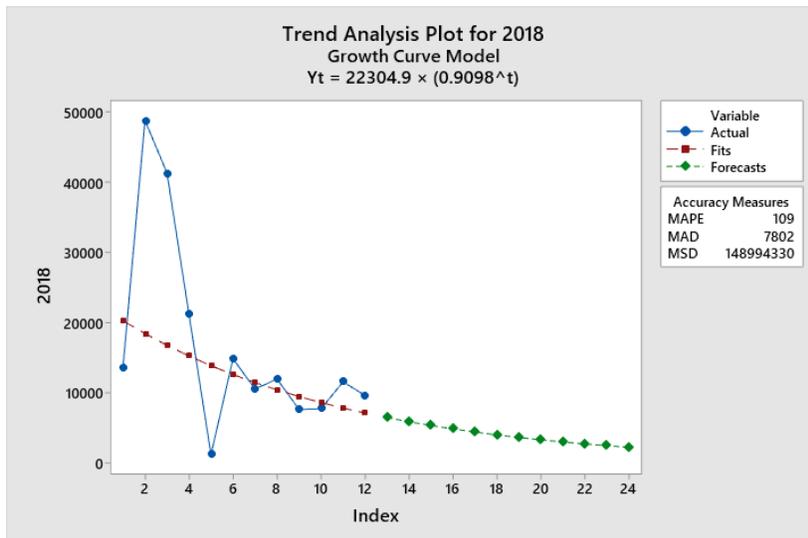
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			116%					109.00%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Modelo curva de crecimiento	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01	13,609	5,042	6,530	(1,488)	1,488	2.21E+06	30%					
02	48,750	12,884	5,941	6,943	6,943	4.82E+07	54%					
03	41,280	9,420	5,406	4,014	4,014	1.61E+07	43%					
04	21,192	17,439	4,918	12,521	12,521	1.57E+08	72%					
05	1,287	30,084	4,475	25,609	25,609	6.56E+08	85%					
06	14,889	16,193	4,071	12,122	12,122	1.47E+08	75%					
07	10,596	27,096	3,704	23,392	23,392	5.47E+08	86%					
08	12,014	924	3,370	(2,446)	2,446	5.98E+06	265%					
09	7,694		3,066	(3,066)	3,066	9.40E+06						
10	7,788		2,790	(2,790)	2,790	7.78E+06						
11	11,611	21,573	2,538	19,035	19,035	3.62E+08	88%					
12	9,693		2,309	(2,309)	2,309	5.33E+06						
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>49,119</b>	<b>91,536</b>	<b>115,735</b>	<b>1.96E+09</b>	<b>797%</b>					

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
12		9,645	1.64E+08	66%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
6		10,450	1.71E+08	60%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 107. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0**

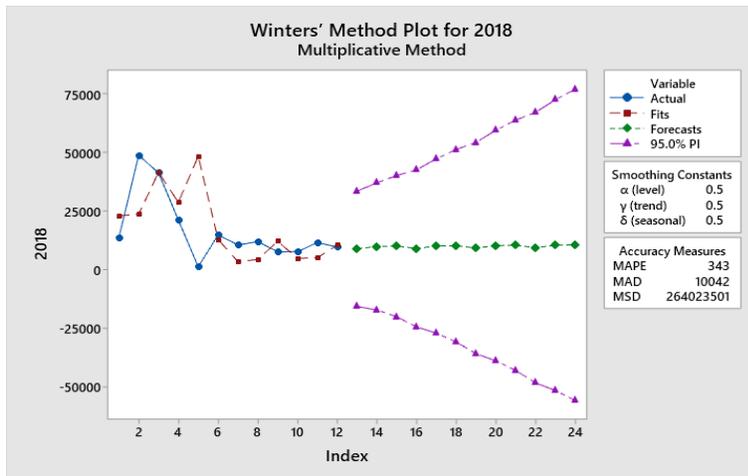
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 63. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		116%	MAPE HERRAMIENTA				343.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Winters Multiplicativo I=3 A=0.5	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	13,609	5,042	8,955	(3,913)	3,913	1.53E+07	78%
02	48,750	12,884	9,972	2,912	2,912	8.48E+06	23%
03	41,280	9,420	10,094	(674)	674	4.54E+05	7%
04	21,192	17,439	9,118	8,321	8,321	6.92E+07	48%
05	1,287	30,084	10,152	19,932	19,932	3.97E+08	66%
06	14,889	16,193	10,276	5,917	5,917	3.50E+07	37%
07	10,596	27,096	9,282	17,815	17,815	3.17E+08	66%
08	12,014	924	10,333	(9,409)	9,409	8.85E+07	1018%
09	7,694		10,457	(10,457)	10,457	1.09E+08	
10	7,788		9,445	(9,445)	9,445	8.92E+07	
11	11,611	21,573	10,513	11,060	11,060	1.22E+08	51%
12	9,693		10,639	(10,639)	10,639	1.13E+08	
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>119,235</b>	<b>21,420</b>	<b>110,493</b>	<b>1.37E+09</b>	<b>1393%</b>

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
12		9,208	1.14E+08	116.1%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE	
6		6,945	8.76E+07	43%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 108. Pronóstico modelo curva de crecimiento, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.9 FORECAST PRO-ESTILO 718839

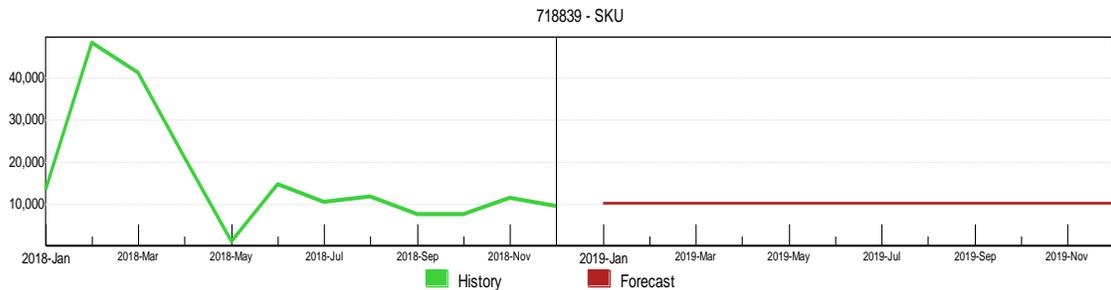
En el Forecast Pro, la forma de realizar los pronósticos es diferente a como se evaluó la demanda en los otros softwares, ya que el sistema analiza la información y muestra el resultado de manera automática, como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 64. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		116%					54.56%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : AUTOMATICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	13,609	5,042	10,238	(5,196)	5,196	2.70E+07	103%
02	48,750	12,884	10,238	2,646	2,646	7.00E+06	21%
03	41,280	9,420	10,238	(818)	818	6.69E+05	9%
04	21,192	17,439	10,238	7,201	7,201	5.19E+07	41%
05	1,287	30,084	10,238	19,846	19,846	3.94E+08	66%
06	14,889	16,193	10,238	5,955	5,955	3.55E+07	37%
07	10,596	27,096	10,238	16,858	16,858	2.84E+08	62%
08	12,014	924	10,238	(9,314)	9,314	8.68E+07	1008%
09	7,694		10,238	(10,238)	10,238	1.05E+08	
10	7,788		10,238	(10,238)	10,238	1.05E+08	
11	11,611	21,573	10,238	11,335	11,335	1.28E+08	53%
12	9,693		10,238	(10,238)	10,238	1.05E+08	
<b>200,403</b>		<b>140,655</b>	<b>122,856</b>	<b>17,799</b>	<b>109,883</b>	<b>1.33E+09</b>	<b>1399%</b>

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
12	200,403	9,157	1.11E+08 117%
PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
6		6,944	8.60E+07 46%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 109. Pronóstico automático, Forecast pro-TRAC v6.1**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2

El objetivo específico en conocer los diferentes métodos de pronóstico de demanda de producción, para definir el más adecuado con base a su nivel de precisión.

Con base a esto, se evaluaron un total de 16 tipos de métodos cuantitativos de pronóstico, pero dentro de algunos de ellos se eligieron configuraciones de parámetros diferentes por lo que se tenían 39 tipos de métodos de series de tiempo que se podían probar dependiendo si la herramienta de software contaba con ellos o no.

**Tabla 65. Métodos Cuantitativos de elaboración de Pronósticos**

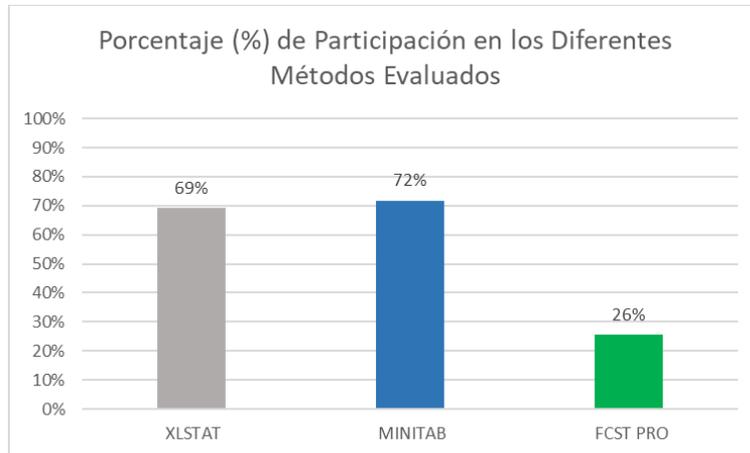
MÉTODOS CUANTITATIVOS	TOTAL	XLSTAT	MINITAB	FCST PRO
PROMEDIO MÓVIL	2	2	2	2
PROMEDIO MÓVIL SPENCER	1	1	0	0
MODELO CURVA DE CRECIMIENTO	1	0	1	0
MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA	1	0	1	1
MODELO DE TENDENCIA - LINEAL	1	0	1	1
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	1	1	1	1
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	1	1	1	1
DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	2	0	2	0
DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	2	0	2	0
DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	2	0	2	0
DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	2	0	2	0
MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	3	3	0	1
MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	9	9	6	1
MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	9	9	6	1
FOURIER	1	1	1	0
AUTOMATICO	1	0	0	1
<b>Grand Total</b>	<b>39</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>10</b>
<b>% PARTICIPACIÓN</b>	<b>100%</b>	<b>69%</b>	<b>72%</b>	<b>26%</b>

Figura: Elaboración propia.

Dentro de cada herramienta el porcentaje de participación en cada método era diferente dependiendo si estaba disponible o no dentro de la configuración específica de cada software para análisis de series de tiempo (ver la siguiente Fig. 110).

Los resultados de las 193 pruebas realizadas ayudaron a cumplir el objetivo de conocer los

diferentes métodos que pueden ser más adecuados acorde al tipo de demanda que se este estudiando y de un nivel de precisión mejor y afinar el criterio en base a experiencia para los siguientes pasos, así como evaluar los componentes funcionales de las herramientas bajo análisis. Ver tabla en Anexo 5: Tabla resumen, con los resultados de todas las pruebas.



**Figura 110. participación de las herramientas de software en los métodos evaluados**

Figura: Elaboración propia.

Con estos resultados se puede ya tener una base mejor formada para evaluar los criterios del software correspondientes.

#### 4.3.3 SEGUNDA VARIABLE: INSTRUMENTO DE MEDICIÓN, EL SOFTWARE

En esta sección se detallará el proceso para evaluar cada criterio de la matriz de decisión, así como los resultados obtenidos.

##### 4.3.3.1 MATRIZ DE DECISIÓN

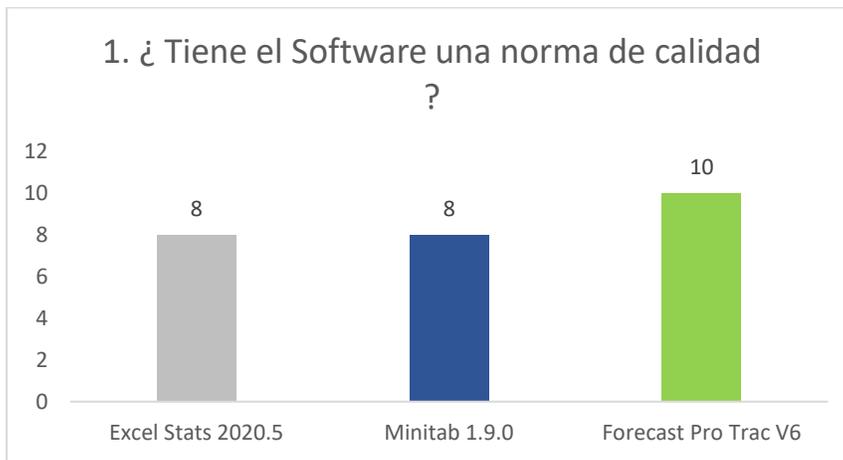
¿Qué herramienta de pronóstico se adapta a los criterios de selección propuestos?

Una vez realizados los cambios en la matriz de decisión, que fue evaluada por los expertos,

segmentamos la misma en tres criterios sugeridos por el panel de expertos siendo funcional, técnico y financieras, explicada cada una de ellas en 2.4.4.

A continuación, se muestran los resultados de las preguntas realizadas en la matriz de decisión con una breve explicación de estas, donde se busca determinar la selección de un modelo de software para pronóstico de la demanda de la producción de La Empresa.

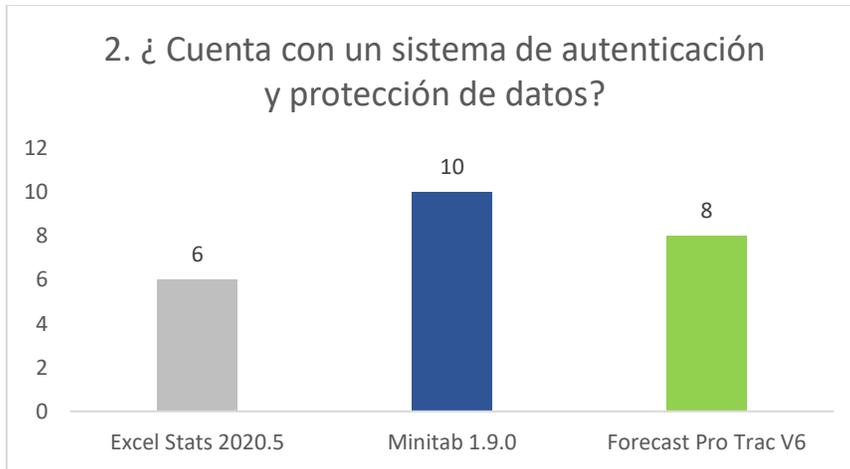
Las ponderaciones son el resultado del nivel de importancia del criterio a evaluar, multiplicado por la nota recibida, nivel de importancia fue definido en la matriz de decisión por el panel de expertos. Revisamos a continuación las respuestas de la matriz:



**Figura 111. Matriz de decisión Ítem 1 atributo: Seguridad e integridad**

Figura: Elaboración propia.

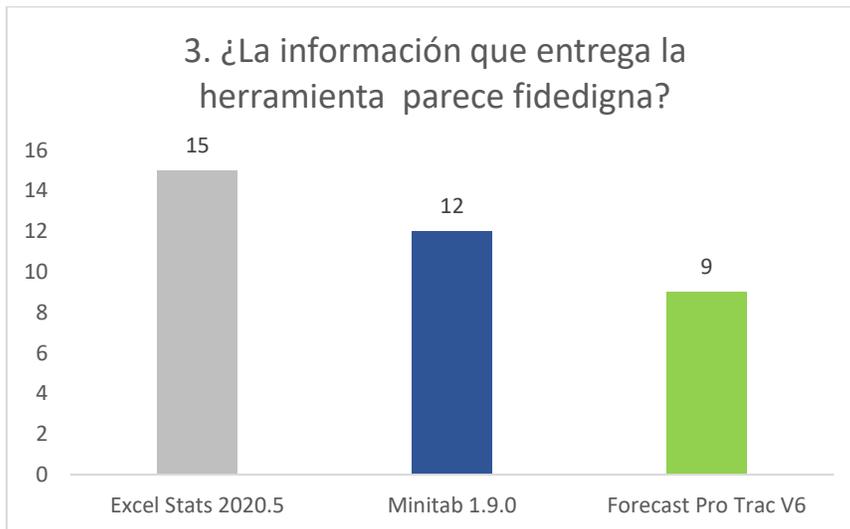
En la pregunta número uno se destaca Forecast Pro, porque cuentan con una certificación en Iso9001a diferencia de los otros dos softwares que no cuentan con la certificación de calidad, pero si con sistemas de seguridad.



**Figura 112. Matriz de decisión ítem 2 atributo: Seguridad e integridad**

Figura: Elaboración propia.

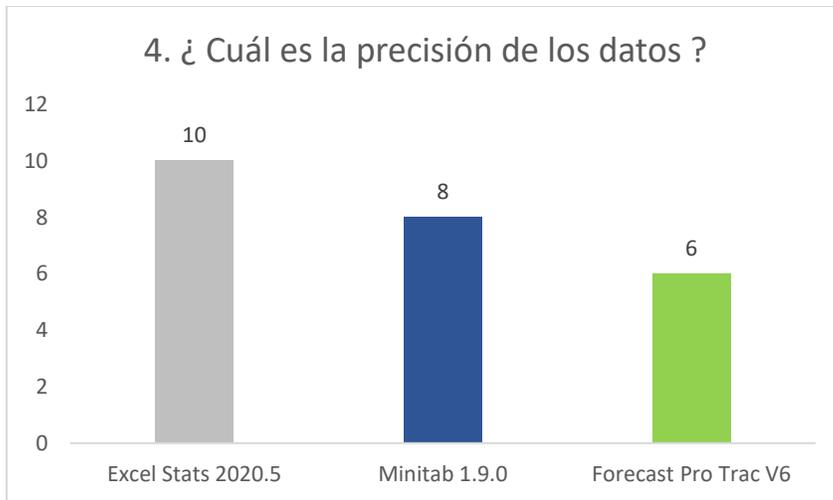
Minitab tiene una política de protección de datos que aplica a datos personales como corporativos y se hace responsable del tratamiento de los datos, en el caso de Forecast Pro y Excel Stats requieren que los sistemas de seguridad sean por parte de la empresa por medio de firewall.



**Figura 113. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 3 atributo: Confiabilidad**

Figura: Elaboración propia.

XStat, Los datos de demanda brindados por la herramienta estaban dentro la demanda promedio, los datos de MAD, ECM, MAPE también se miraban dentro de los límites aceptables con la aclaración de que son más confiables en la medida que se selecciona el método más adecuado al tipo de demanda. Minitab los datos de demanda brindados por la herramienta estaban dentro la demanda promedio en su mayoría, los datos de MAD, ECM, MAPE también se miraban dentro de los límites aceptables con la aclaración de que son más confiables en la medida que se selecciona el método más adecuado al tipo de demanda, hubo métodos que arrojaban datos no tan precisos ya que no se adecuaban a la demanda , en Forecast Pro la información es en su mayoría confiable ya que se utilizan suavizaciones simples o promedios móviles, sin embargo al añadir complejidad la información proporcionada es limitada ya que no se adecua a la realidad de la estacionalidad en algunos casos.

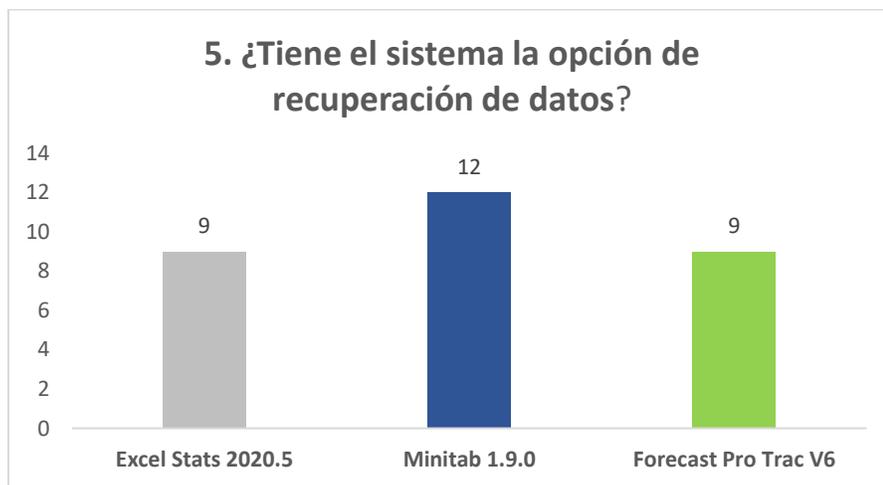


**Figura 114. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 4 atributo: Confiabilidad**

Figura: Elaboración propia.

En XStat se corrieron un total de 27 modelos para probar la funcionalidad de la herramienta

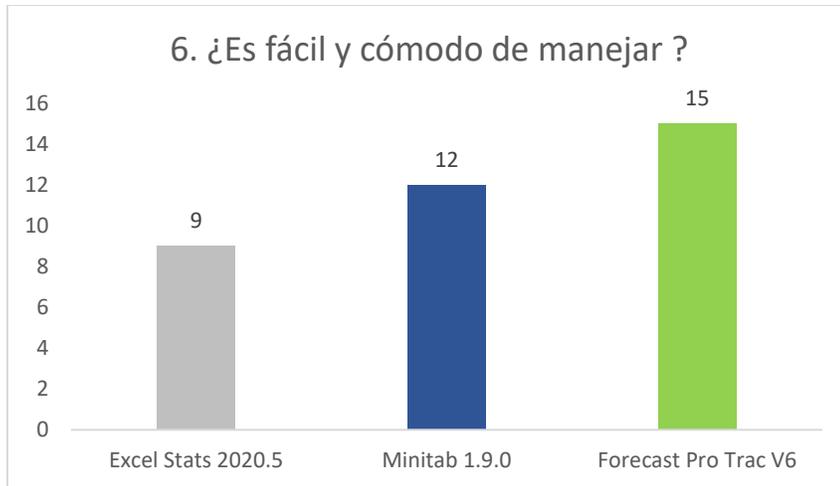
en los múltiples modelos Cuantitativos, y alrededor de un 37% de las pruebas brindó un error de pronóstico MAPE menor al del método actual, en Minitab Se corrieron un total de 28 modelos para probar la funcionalidad de la herramienta en los múltiples modelos Cuantitativos, y alrededor de un 25% de las pruebas brindó un error de pronóstico MAPE menor al del método actual y en Forecast pro la herramienta no permite correr diferentes métodos para evaluar si no se cuenta con un respaldo de datos históricos con rangos mayores a tres años , por lo que la precisión solo se pudo evaluar en un modelo que era el método automático que seleccionaba el modo experto del software, y cuya precisión era menor al modelo actual sin embargo carece de estacionalidad.



**Figura 115. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 5 atributo: Confiabilidad**

Figura: Elaboración propia.

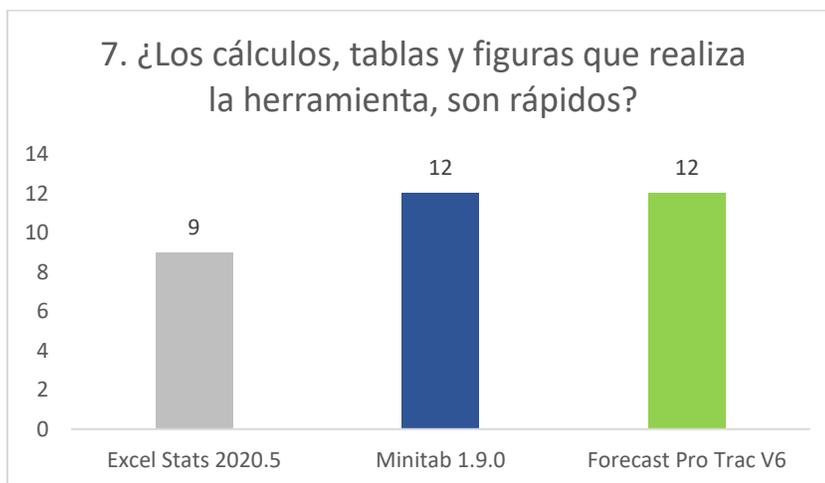
Minitab crea automáticamente un archivo de respaldo en la misma carpeta del archivo, garantizando de esta forma la recuperación de un archivo cerrado por error, en Forecast Pro y Excel Stats, debe asegurarse guardar la información por parte del usuario.



**Figura 116. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 6 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia.

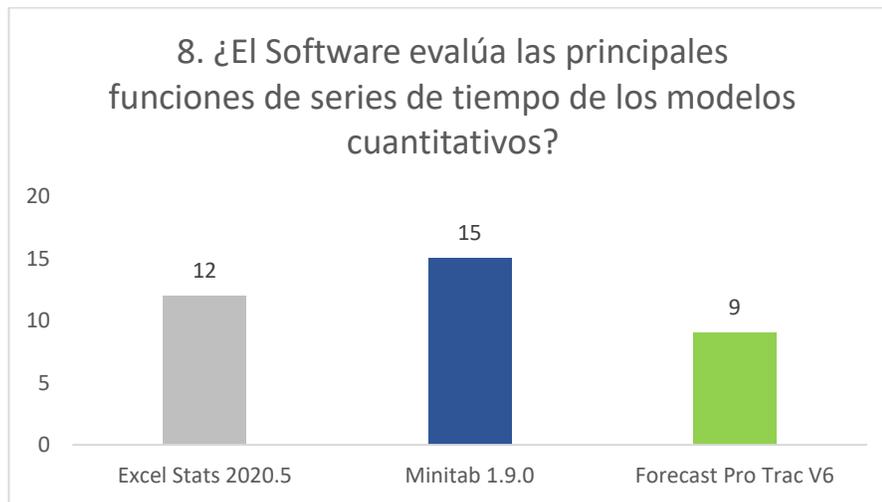
Forecast Pro, es el más amigable, genera los pronósticos de forma automática analizando por si sola la información de datos ingresado, con Minitab esta parametrizado y solo se ingresa la información necesaria para el pronóstico a diferencia de XLSTAT que debe parametrizar y seleccionar los datos cada que genere un pronóstico.



**Figura 117. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 7 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia.

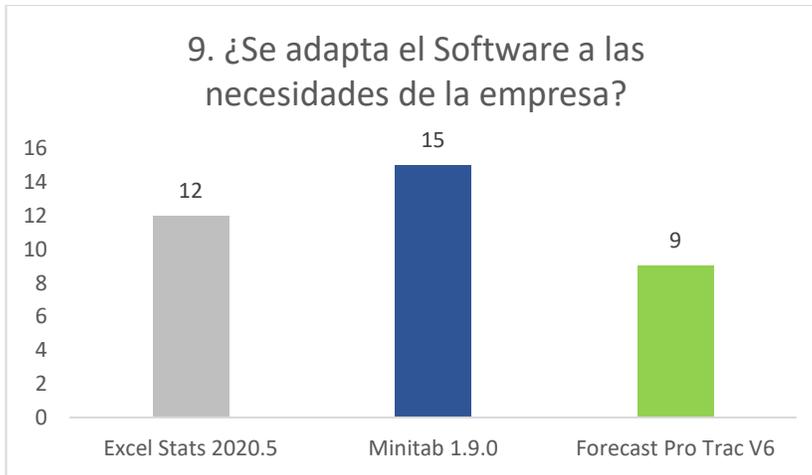
Minitab hizo que la información fuese muy clara con la información estadística que se obtiene, Forecast pro, genera la información de manera rápida y precisa, a diferencia de XStat que la apertura de muchos libros en Excel genera atrasos en la generación de estos.



**Figura 118. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 8 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia

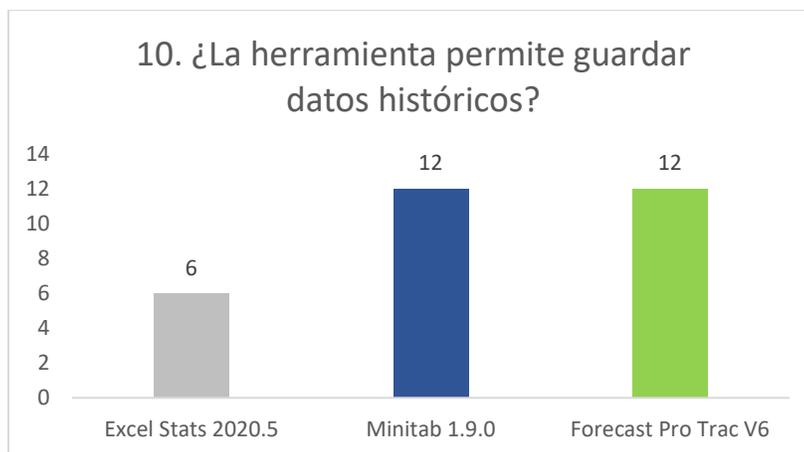
Minitab cuenta con 28 modelos para generar pronósticos estadísticos, XStats tiene 27 a diferencia de Forecast pro que los genera de manera automática y no proporciona la cantidad de opciones que se pueden observar en Minitab



**Figura 119. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 9 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia.

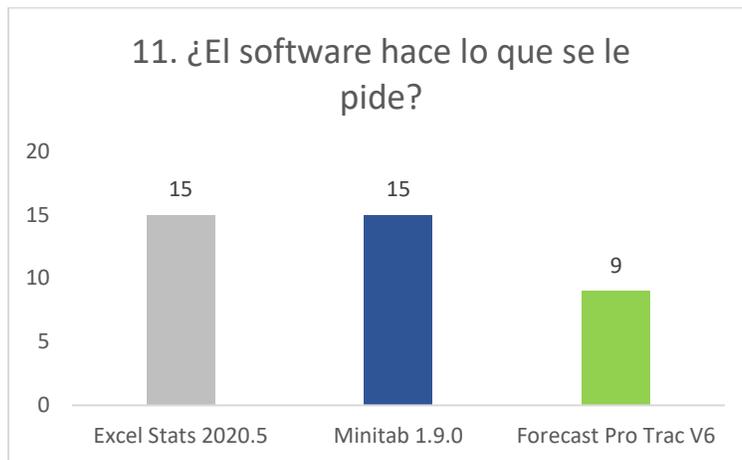
Minitab por su variedad de opciones para generar pronósticos, se adapta a las necesidades de la compañía, de la misma manera que lo es XIStat, ambas son funcionales, en Forecast Pro, el software arroja mejores resultados con históricos de largo plazo, pero la demanda en la compañía es muy cambiante y necesita generarlos en periodos cortos.



**Figura 120. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 10 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia.

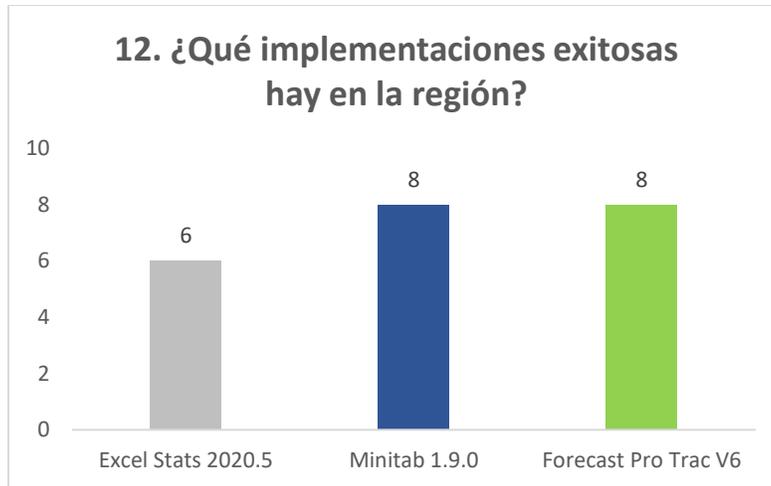
Minitab guarda todas sus hojas de trabajo, gráficos y el historial de los datos, Forecast Pro tiene la flexibilidad para adaptarse a las necesidades de la empresa, en el caso de XStat no almacena ni guarda información.



**Figura 121. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 11 atributo: Usabilidad**

Figura: Elaboración propia.

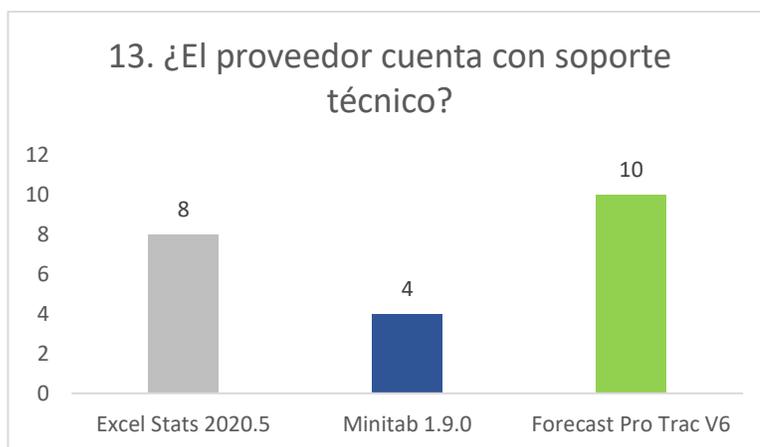
XStat y Minitab generan la información necesaria para analizar los resultados sobre los pronósticos, a diferencia de Software Pro que los genera de manera automática, limitando en el análisis de la información.



**Figura 122. Matriz de decisión ítem 12 atributo: Trayectoria del proveedor**

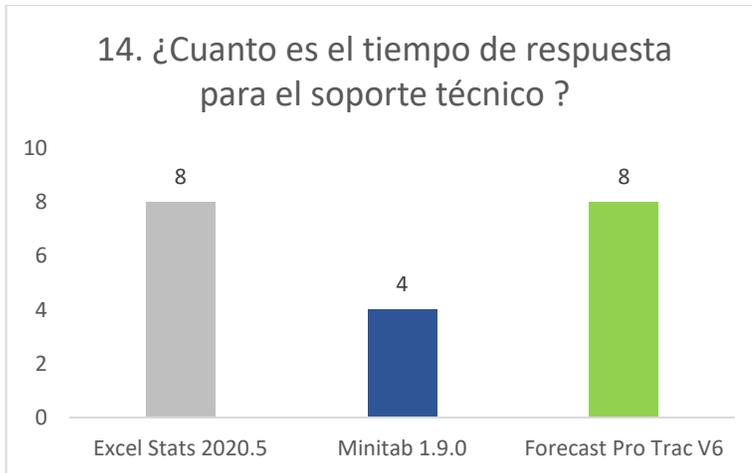
Figura: Elaboración propia.

Forecast Pro nos proporcionó el listado de los clientes que han usado sus productos en la región dándonos la opción de pedir referencias de ellos, Minitab cuenta con varios clientes de renombre en el mercado y XStat tiene su catálogo de clientes en su sitio web, pero a nivel de la región es información que se maneja de forma confidencial.



**Figura 123. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 13 atributo: Soporte Técnico**

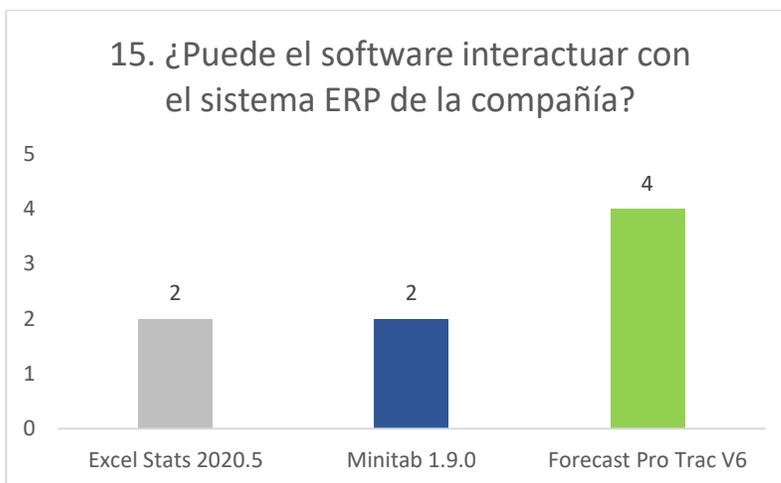
Figura: Elaboración propia.



**Figura 124. Matriz de decisión ítem 14 atributo: Soporte Técnico**

Figura: Elaboración propia.

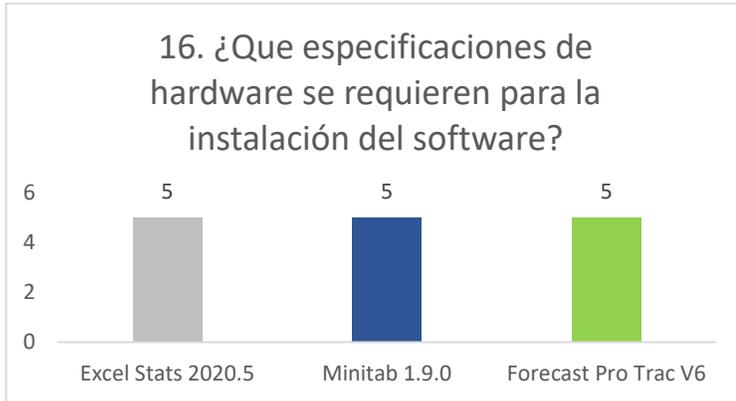
En las siguientes preguntas 12 y 13 las cuales están relacionadas entre sí, todas cuentan con soporte técnico, con los cambios actuales post pandemia los servicios se ofrecen de forma remota, los tiempos de respuestas son muy similares en Forecast Pro y XStat, como también en Minitab, pero al momento de contactarlos para obtener información, no se obtuvo respuesta de Minitab.



**Figura 125. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 15 atributo: Adaptabilidad**

Figura: Elaboración propia.

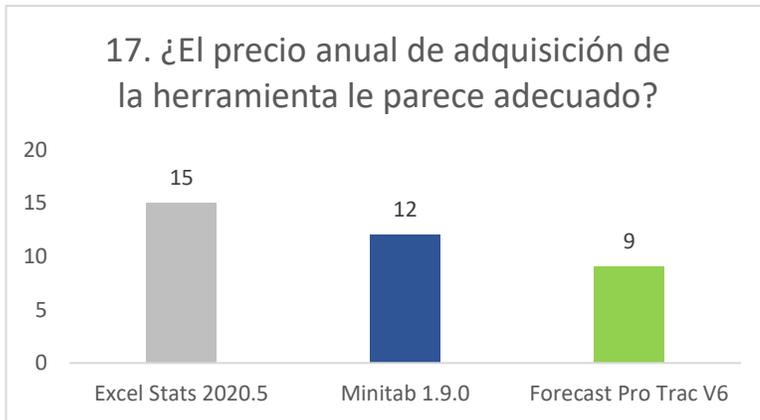
Forecast Pro si está diseñado para que pueda interactuar con ERP a diferencia del resto de los softwares de pronóstico evaluados.



**Figura 126. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 16 atributo: Adaptabilidad**

Figura: Elaboración propia.

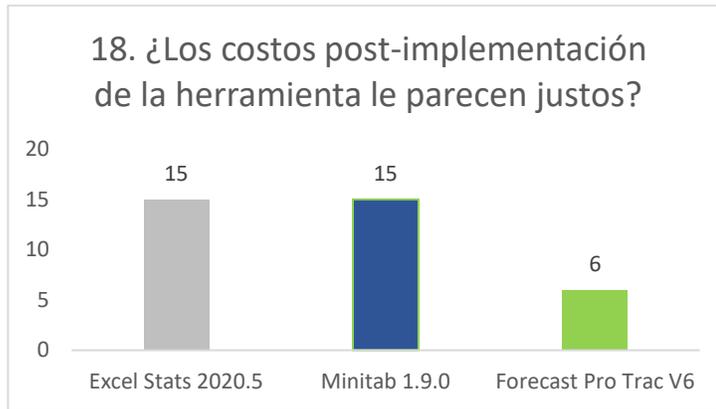
Las especificaciones que requiere cada software para ser funcional en la correcta implementación en la compañía están dentro de los equipos que esta tiene para su funcionamiento, por lo que se adaptaría a las necesidades requeridas.



**Figura 127. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 17 atributo: Financiero**

Figura: Elaboración propia.

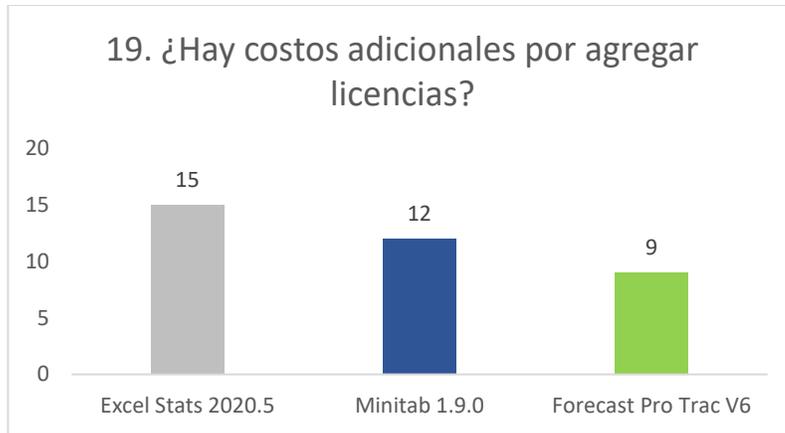
El costo es un factor determinante en toda compañía, por lo que se evaluó desde el más bajo hasta el más alto, teniendo el mejor precio en el mercado XStat, seguido por Minitab y posteriormente por Forecast Pro.



**Figura 128. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 18 atributo: Financiero**

Figura: Elaboración propia.

En los costos de post- implementación evaluamos el soporte y mantenimiento posterior a la instalación del software, Forecast Pro, se ve en desventaja porque tienen un costo de un 15% sobre el valor de la licencia, a diferencia de los otros que sus costos posteriores están incluidos en la licencia que se paga de manera anual.



**Figura 129. Instrumento validado, matriz de decisión ítem 19 atributo: Financiero**

Figura: Elaboración propia.

Todos los softwares para pronósticos que han sido evaluados en este proyecto de investigación tienen un costo por licencia, el cual fue ponderado en base al precio de adquisición que revisamos en la pregunta número 15.

Después de presentar un breve resumen sobre cada pregunta y evaluación del software para la selección de este, presentamos la tabla resumen donde podemos observar el comparativo de los tres.

**Tabla 66. Resumen Comparativo Minitab, XStat y Forecast Pro**

	Criterios	Importancia	Evaluación del Software en base a las preguntas establecidas		
			Opción 1 Excel Stats 2020.5	Opción 2 Minitab 1.9.0	Opción 3 Forecast Pro Trac V6
FUNCIONAL	<b>Seguridad e integridad</b>				
	¿ Tiene el Software una norma de calidad ?	2	El programa se controla automáticamente contra miles de ejemplos validados antes de que cualquier versión se publique en nuestros servidores. La publicación de una versión requiere la intervención humana.	No se tiene la información sobre una norma, pero si cumple con los requisitos de la FDA en Estados Unidos.	Si, ISO 9001.
	¿ Cuenta con un sistema de autenticación y protección de datos?		Hay niveles de control de software, y niveles de control humano.	Minitab, LLC ("Minitab" o "nosotros") tiene el compromiso de proteger la privacidad y los datos. La presente Política de privacidad se aplica a todos los Datos personales que Minitab obtiene de usted (ya sea un individuo o una entidad individual actuando en nombre de sus usuarios individuales autorizados), a través de nuestras interacciones con usted y a través de nuestros productos, así como a la manera en que usamos y protegemos dichos datos. Minitab es el responsable del tratamiento de estos datos.	Si, pero más de los controles internos de la compañía.
	<b>Confiabilidad</b>				
	¿La información que entrega la herramienta parece fidedigna?	3	Los datos de demanda brindados por la herramienta estaban dentro la demanda promedio, los datos de MAD, ECM, MAPE también se miraban dentro de los límites aceptables con la aclaración de que son más confiables en la medida que se selecciona el método más adecuado al tipo de demanda.	Llos datos de demanda brindados por la herramienta estaban dentro la demanda promedio en su mayoría, los datos de MAD, ECM, MAPE también se miraban dentro de los límites aceptables con la aclaración de que son más confiables en la medida que se selecciona el método más adecuado al tipo de demanda, hubo métodos que arrojaban datos no tan precisos ya que no se adecuaban a la demanda.	Si, la información es en su mayoría confiable ya que se utilizan suavizamientos simples o promedios móviles, sin embargo al añadir complejidad la información proporcionada es limitada ya que no se adecua a la realidad de la estacionalidad en algunos casos.
	¿Cuál es la precisión de los datos ?		Se corrieron un total de 27 modelos para probar la funcionalidad de la herramienta en los múltiples modelos Cuantitativos, y alrededor de un 37% de las pruebas brindo un error de pronóstico MAPE menor al del método actual.	Se corrieron un total de 28 modelos para probar la funcionalidad de la herramienta en los múltiples modelos Cuantitativos, y alrededor de un 25% de las pruebas brindo un error de pronóstico MAPE menor al del método actual.	La herramienta no permite correr diferentes métodos para evaluar si no se cuenta con un respaldo de datos históricos con rangos mayores a 3 años , por lo que la precisión solo se pudo evaluar en 1 modelo que era el método automático que seleccionaba el modo experto del software, y cuya precisión era menor al modelo actual sin embargo carece de estacionalidad.
	¿Tiene el sistema la opción de recuperación de datos?		Hay una opción en XLSTAT que le permite guardar su libro de trabajo antes de realizar cualquier cambio y otra opción para volver atrás.	Cuando abre un archivo de proyecto, Minitab crea automáticamente un archivo de respaldo en la misma carpeta del archivo .MPJ original. El archivo de respaldo tiene una extensión	EL mejor sistema de recuperación de datos es mediante respaldos de información
	<b>Usabilidad</b>				
	Facilidad de Aprendizaje: ¿Es fácil y cómodo de manejar ?	3	os usuarios suelen disfrutar de XLSTAT porque es potente y el software de datos existente más fácil	Lo que realmente aprecio de la facilidad de uso [de Minitab] es que no tienes que ser un experto en estadística para poder usarlo y para poder obtener valor de él.	Es muy fácil y amigable
	Eficiencia: ¿Los cálculos, tablas y figuras que realiza la herramienta, son rápidos?		XLSTAT ofrece la mejor rapidez en el mercado del análisis de datos	Minitab hizo que la información fuera muy clara no solo con la salida estadística que se obtiene	Los cálculos estadísticos de Forecast Pro son muy rápidos
Eficiencia: ¿El Software evalúa las principales funciones de series de tiempo de los modelos cuantitativos?	El Software, cuenta con variedad de modelos para generar pronósticos.		El Software, cuenta con variedad de modelos para generar pronósticos.	El Software genera los pronósticos de manera automática.	
Flexibilidad, ¿Se adapta el Software a las necesidades de la empresa? ¿Y se pueden añadir opciones adicionales?	Si se adapta, pero el uso de este con varios libros abiertos, pone lento el sistema.		Si, es un software completo que le permite generar los pronósticos con la variedad de herramientas.	Es limitante, por la demanda de la empresa, ya que el Software necesita datos históricos de largo plazo	
Recordabilidad : ¿La herramienta permite guardar datos históricos?	El software no almacena ni guarda información		Cuando guarda un proyecto de Minitab como una versión anterior, Minitab guarda todas sus hojas de trabajo, gráficos, historial y el ReportPad	Tiene flexibilidad para adaptarse a casi cualquier empresa	
Satisfacción: ¿El software hace lo que se le pide?	Si		Si	Si	

Figura: Elaboración propia

Tabla 67. Continuación Tabla. 66

	Criterios	Importancia	Evaluación del Software en base a las preguntas establecidas		
			Opción 1	Opción 2	Opción 3
			Excel Stats 2020.5	Minitab 1.9.0	Forecast Pro Trac V6
TECNICO	<b>Trayectoria del proveedor</b>				
	Experiencia: ¿Qué implementaciones exitosas hay en la región?	2	Tenemos muchos usuarios en todo el mundo, incluyendo Centroamérica, no tenemos derecho a comunicar su identidad para una confidencialidad obvia problemática ( Coca Cola , Novartis, Hsbc, Sony, Harward, ect)	Entre nuestros clientes están: American Express General Electric IBM McDonald's Microsoft Nike PepsiCo	Una gran cantidad de implementaciones exitosas. Ej McCormick, IMACASA, DISZASA
	<b>Soporte Técnico</b>				
	¿El proveedor cuenta con soporte técnico?	2	Si, Nuestro soporte técnico (support@xlstat.com ) es reactivo e inicia la sesión de mandos a distancia si es necesario.	Si, cuenta	Si. Via Email o web
	¿Cuanto es el tiempo de respuesta para el soporte técnico ?		Nuestros temas de ventas y soporte trabajan por correo electrónico desde México, Francia y Japón. Sólo en algunos fines de semana no recibirá una respuesta en menos de 2-3 horas.	Esta parte no se tiene, se intento contactar al proveedor pero no se obtuvo respuesta.	El mismo día
	<b>Adaptabilidad</b>				
¿Puede el software interactuar con el sistema ERP de la compañía?	1	El software no interactúa con el ERP	NO se tiene información	Si. Via ODBC a base de datos	
¿Que especificaciones de hardware se requieren para la instalación del software?		Office 2013 , Service Pack 1 (32-bit) , Service Pack 1 (64-bit)	Windows: 8, 8.1, 10 (la version de 64 bits requiere sistema operativo de 64 bits)	8 GB Ram and procesador i7 y 1 GB disco duro	
FINANCIERO	<b>Costo</b>				
	¿El precio anual de adquisición de la herramienta le parece adecuado?	3	si, \$995.00 anual,	\$1,530.89 por licencia	\$ 1995.00 , ver lista de precios anexa
	¿Los costos post-implementación de la herramienta le parecen justos?		Si , mantenimiento y soporte incluido en el precio de la licencia	Con las licencias de la última versión de nuestro software, tanto para un solo usuario como para múltiples usuarios, se incluye sin costo adicional soporte técnico y ayuda por teléfono y en línea brindada por nuestros expertos en estadística	en cuando al post - implementacion el soporte y mantenimiento 15% del valor de licencia.
¿Hay costos adicionales por agregar licencias?	Si , precio por licencia		si, precio establecido por licencia	Si. La licencia es por usuario	

Figura: Elaboración propia

#### 4.3.4 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

El tercer objetivo específico era “Evaluar las herramientas de pronóstico que se adapten a los criterios de selección propuestos”. Con base a esto concluimos que la herramienta que mejor se adapta según la ponderación obtenida en la Matriz de decisión es Minitab Versión 20.1.0.

#### 4.3.5 RESUMEN DE PONDERACIÓN POR CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL SOFTWARE

En la Tabla 68., Resumen respuestas del software, mostramos el resumen de respuestas que se evaluó por cada pregunta, las técnicas y financieras fueron respondidas directamente por los proveedores, por correo y por llamada telefónica, lo funcional fue ponderado en base a los resultados de las pruebas realizadas en cada uno de los Software, por lo que la ponderación que se muestra en esta tabla muestra la mejor puntuación para Minitab, por lo cual es el software seleccionado para poder realizar los pronósticos de la demanda.

**Tabla 68. Resumen respuestas del software**

Software	Excel Stats	Minitab	Forecas Pro
<b>Atributos Funcional</b>	<b>111</b>	<b>131</b>	<b>108</b>
<b>Atributo Técnico</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	<b>35</b>
<b>Atributo Financiero</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>24</b>
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>193</b>	<b>167</b>
<b>Ponderado en base a 100%</b>	<b>79%</b>	<b>82%</b>	<b>71%</b>

Figura: Elaboración propia.

#### 4.3.6 VALORACIÓN DEL COSTO DEL SOFTWARE

La propuesta económica es un dato muy importante en la selección del software, la misma fue evaluada en la matriz de respuestas de software, sin embargo, presentamos un breve resumen sobre costos a incurrir en la adquisición de cada licencia de los tres softwares evaluados.

**Tabla 69. Costos de adquisición de licencia**

Detalle	Costo por licencia	Costos de mantenimiento	Total	Generales sobre mantenimiento	Soporte Técnico, tiempos de respuesta
Excel Stats	\$ 995.00	\$ -	\$ 995.00	Por cada licencia comprada, incluye el mantenimiento soporte de esta por un año.	Soporte, trabajan por correo electrónico desde México, Francia y Japón. Sólo en algunos fines de semana no recibirá una respuesta en menos de 2-3 horas.
Minitab	\$ 1,530.89	\$ -	\$ 1,530.89	Por cada licencia comprada, incluye el mantenimiento soporte de esta por un año.	No obtuvimos respuesta.
Forecas Pro	\$ 1,995.00	\$ 299.25	\$ 2,294.25	El costo de mantenimiento y soporte técnico es del 15% sobre el valor de la licencia.	En menos de 24 horas, con excelente servicio al cliente

Figura: Elaboración propia.

Evaluado el comportamiento de la demanda real versus el pronóstico por medio de la desviación estándar absoluta, determina que se obtendrá una disminución en cantidad de piezas de 478,175, las cuales tiene un costo promedio de \$7.25 por pieza, mostrando así un impacto significativo de \$ 3,466,767.00 en la variación del pronóstico.

Si se evalúa el beneficio sobre el costo que tendrá el implementar la herramienta Minitab, se observa que el valor es superior a uno, por lo que el proyecto es favorable a nivel financiero, mostrando en Anexo 6.

#### 4.4 TERCERA VARIABLE: ERRORES DE PRONÓSTICO

En esta sección se presentará el procedimiento utilizado para el cálculo de errores de pronóstico MAD, ECM y MAPE. Debido a la experiencia adquirida durante la fase de pruebas, esta sección estará orientada en utilizar únicamente el modelo que se cree que más se adecua a la demanda de todos los estilos. Con ello obtener el detalle las medidas de precisión, esto sentará la

base para proponer el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada: Minitab, así como los siguientes pasos necesarios que se propondrán para la implementación adecuada de la herramienta.

#### 4.4.1 ERRORES DE PRONÓSTICO

Como se ha mencionado en secciones anteriores, dentro del objeto de estudio de esta investigación se tiene un total de siete estilos correspondientes a la principal categoría de exportación de la empresa

**Tabla 70. Principales estilos detallados por programa y volumen de unidades por año**

SKU	Programa	2018		2019		Total PCS	Total %
		PCS	%	PCS	%		
727982	A1	1,179,552	24%	2,000,161	30%	3,179,713	27%
727980	A1	1,475,013	30%	1,190,014	18%	2,665,027	23%
AQ3210	A1	1,070,641	22%	1,186,474	18%	2,257,115	19%
AR5307	A2	433,832	9%	1,067,144	16%	1,500,976	13%
718833	A1	453,029	9%	917,682	14%	1,370,711	12%
718839	A1	200,403	4%	140,655	2%	341,058	3%
718837	A1	145,365	3%	157,817	2%	303,182	3%
		<b>4,957,835</b>	<b>100%</b>	<b>6,659,947</b>	<b>100%</b>	<b>11,617,782</b>	<b>100%</b>

Fuente Elaboración propia

Con base a la información presentada en la tabla anterior se procederá a seleccionar según la tendencia observada en la demanda el método de pronóstico que mejor se pudiese adecuar, utilizando como ayuda la Tabla 4, colocada nuevamente aquí como ayuda visual.

**Tabla 71. Técnicas de pronóstico y el patrón de demanda observado**

<b>Patrón de la demanda observado</b>	<b>Técnica de pronóstico recomendado</b>
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winter
Demandas altamente correlacionadas	Métodos Integrados de promedios móviles autorregresivos (ARIMA)
Errática	Método de Croston

Fuente: (Vidal, 2010)

El orden que se detalla para obtener los datos de pronóstico y las medidas de error de pronóstico será de la siguiente forma:

1. Análisis del total de la categoría, previamente estudiada en la sección 4.3
2. Análisis del estilo 727982
3. Análisis del estilo 727980, previamente estudiado en la sección 4.3
4. Análisis del estilo AQ3210
5. Análisis del estilo AR5307
6. Análisis del estilo 718833
7. Análisis del estilo 718839, previamente estudiado en la sección 4.3
8. Análisis del estilo 718837

Todos los resultados son con base a la herramienta de software de pronóstico seleccionada durante el desarrollo de esta investigación, es decir, los datos y gráficos se obtendrán con el software Minitab versión 20.1.0

#### 4.4.1.1. ANÁLISIS DEL TOTAL DE LA CATEGORÍA

La categoría está compuesta por siete estilos, seis de ellos pertenecen al programa A1 y solo

uno de ellos es del programa A2.

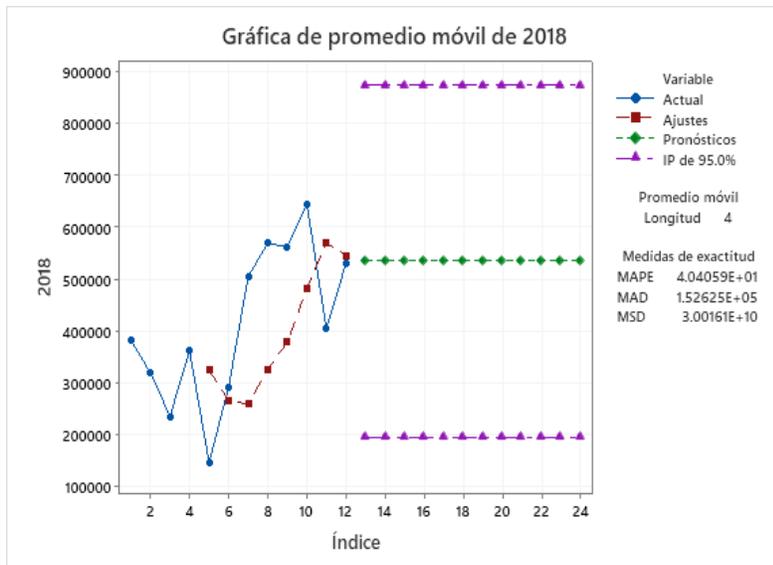
La demanda del total de la Categoría presenta un incremento de un 34% del 2018 al 2019. Su coeficiente de Variación es menor a 1% por lo que se puede decir que su demanda es un tipo perpetuo o estacional, con base a esto se analiza que un método posible es el Promedio Móvil.

**Tabla 72. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Demanda Clase “A”, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			24%					4.04%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01	382,250	324,780	535,825	(211,045)	211,045	4.45E+10	65%					
02	319,537	667,965	535,825	132,140	132,140	1.75E+10	20%					
03	236,008	536,220	535,825	395	395	1.56E+05	0%					
04	361,978	471,758	535,825	(64,067)	64,067	4.10E+09	14%					
05	146,926	521,126	535,825	(14,699)	14,699	2.16E+08	3%					
06	292,504	664,555	535,825	128,730	128,730	1.66E+10	19%					
07	505,629	662,029	535,825	126,204	126,204	1.59E+10	19%					
08	569,704	590,193	535,825	54,368	54,368	2.96E+09	9%					
09	562,260	421,131	535,825	(114,694)	114,694	1.32E+10	27%					
10	645,522	512,638	535,825	(23,187)	23,187	5.38E+08	5%					
11	404,688	693,678	535,825	157,853	157,853	2.49E+10	23%					
12	530,829	593,874	535,825	58,049	58,049	3.37E+09	10%					
	<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,429,900</b>	<b>230,047</b>	<b>1,085,431</b>	<b>1.44E+11</b>	<b>213%</b>					

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	90,453	1.20E+10	17.8%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	91,846	1.38E+10	20.1%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 130. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado Total Categoría A: La Demanda más similar a la real en forma global es la del cliente, pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es menor 7%, igual en ECM y MAD. Ver la figura abajo.

**Tabla 73. Comparativo Total de Categoría A, Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		PROMEDIO MÓVIL
ESTILO		TOTAL
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	6,429,900
	MAD	90,453
	ECM	1.2E+10
	MAPE	18%
REAL	Histórico de Demanda Real	6,659,947
	Demanda Pronósticada del Cliente	6,626,652
	MAD	130,300
	ECM	3.4E+10
	MAPE	24%
DIFERENCIAS	Demanda Total	(196,752)
	MAD	(39,848)
	ECM	-2.2E+10
	MAPE	-7%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.2 ANÁLISIS ESTILO 727982

El estilo presenta un incremento en su demanda de un 70% comparando el 2018 con el 2019. El coeficiente de variación es menor a 1 por lo que su demanda es perpetua o estacional.

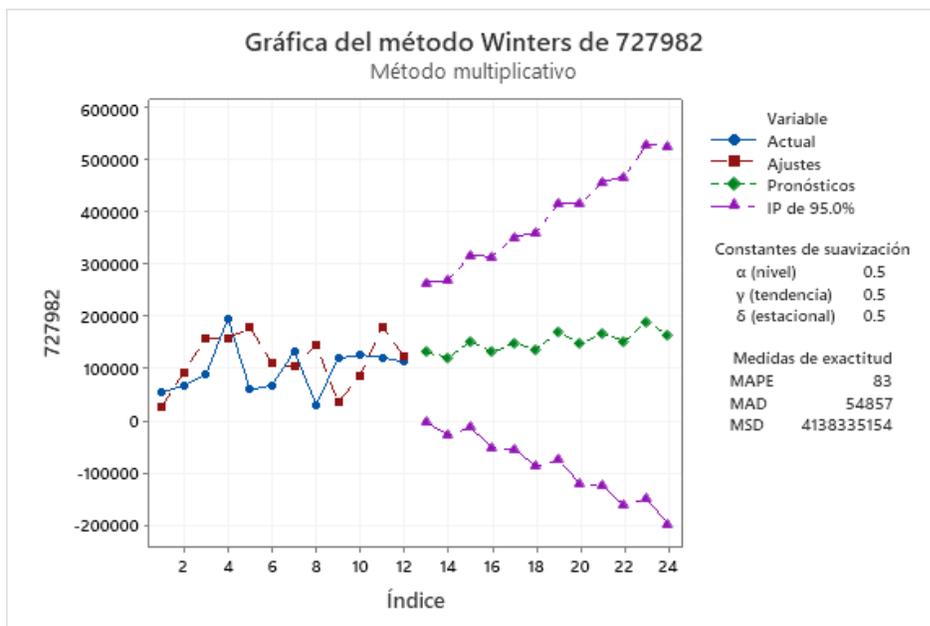
Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el método de Winters utilizando los parámetros que fueron más exitosos durante el modo prueba de la sección anterior, obteniendo así los resultados resumidos en las tablas y figuras.

**Tabla 74. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 727982, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		64%		MAPE HERRAMIENTA				83.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : WINTER MULTIPLICATI VO A=0.5 Q=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	54,649	50,837	131,197	(80,360)	80,360	6.46E+09	158%	
02	67,773	214,734	121,120	93,614	93,614	8.76E+09	44%	
03	89,161	174,166	151,898	22,268	22,268	4.96E+08	13%	
04	195,693	259,187	131,394	127,793	127,793	1.63E+10	49%	
05	59,652	115,242	148,854	(33,612)	33,612	1.13E+09	29%	
06	68,186	345,245	136,890	208,355	208,355	4.34E+10	60%	
07	133,448	293,689	171,052	122,637	122,637	1.50E+10	42%	
08	31,390	114,674	147,457	(32,783)	32,783	1.07E+09	29%	
09	119,605	73,733	166,512	(92,779)	92,779	8.61E+09	126%	
10	126,371	91,077	152,661	(61,584)	61,584	3.79E+09	68%	
11	120,887	159,203	190,207	(31,004)	31,004	9.61E+08	19%	
12	112,737	108,374	163,519	(55,145)	55,145	3.04E+09	51%	
	<b>1,179,552</b>	<b>2,000,161</b>	<b>1,812,761</b>	<b>187,400</b>	<b>961,934</b>	<b>1.09E+11</b>	<b>687%</b>	

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	1,812,761	80,161	9.09E+09	57%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6		94,334	1.28E+10	59%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 131. Pronóstico Método Winters, modelo multiplicativo, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo 727982: La Demanda más similar a la real en forma global es la del cliente, pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es menor 6%, igual en ECM y MAD. Ver la figura abajo.

**Tabla 75. Comparativo Estilo 727982, Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO ESTILO		MÉTODO DE WINTER - MULTIPLICATIVO 727982
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	1,812,761
	MAD	80,161
	ECM	9.1E+09
	MAPE	57%
REAL	Histórico de Demanda Real	2,000,161
	Demanda Pronósticada del Cliente	1,958,639
	MAD	81,903
	ECM	1.2E+10
	MAPE	64%
DIFERENCIAS	Demanda Total	(145,878)
	MAD	(1,742)
	ECM	-2.5E+09
	MAPE	-6%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.3 ANÁLISIS ESTILO 727980

El estilo presenta reducción en su demanda de un -19% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es menor a 1 por lo que su demanda es perpetua o estacional. Adicional tiene la particularidad que inicio en el segundo trimestre del 2018, por lo que para efectos de un mejor análisis se tomó los primeros tres meses del 2019 para el cálculo de los próximos 9 períodos.

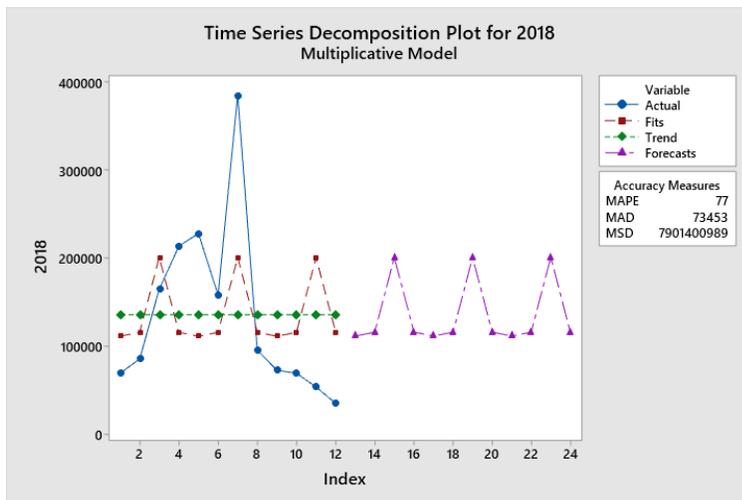
Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el método de Winters y no arrojó el mejor resultado, en las pruebas se identificó que otro método que se apega bien a la estacionalidad es el Modelo de Descomposición, en este caso se seleccionó el Modelo Aditivo con tendencia más estacional utilizando los parámetros que fueron más exitosos durante el modo prueba, obteniendo así los resultados resumidos en las tablas y figuras

**Tabla 76. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 727980, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		50%					77%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Modelo Multiplicativo estacional solamente	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01		69,809	69,809	-	-	0.00E+00	0%
02		54,117	54,117	-	-	0.00E+00	0%
03		35,597	35,597	-	-	0.00E+00	0%
04	69,621	39,157	111,731	(72,574)	72,574	5.27E+09	185%
05	85,987	82,925	116,145	(33,220)	33,220	1.10E+09	40%
06	164,915	65,749	201,091	(135,342)	135,342	1.83E+10	206%
07	213,817	178,138	116,253	61,885	61,885	3.83E+09	35%
08	228,213	94,960	111,731	(16,771)	16,771	2.81E+08	18%
09	158,425	162,748	116,145	46,603	46,603	2.17E+09	29%
10	384,920	264,911	201,091	63,820	63,820	4.07E+09	24%
11	96,073	117,724	116,253	1,471	1,471	2.16E+06	1%
12	73,042	24,179	111,731	(87,552)	87,552	7.67E+09	362%
	<b>1,475,013</b>	<b>1,190,014</b>	<b>1,361,694</b>	<b>(171,680)</b>	<b>519,238</b>	<b>4.27E+10</b>	<b>900%</b>

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
9	57,693	4.75E+09	100%
6	40,189	4.11E+09	72%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 132. Pronóstico modelo multiplicativo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo 727980: La Demanda más similar a la real en forma global es la del cliente, pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es mayor 50%, igual en el MAD. Pero como bien menciona la teoría el MAPE puede no ser el más adecuado para

medir la precisión en este estilo ya que debido a que tiene meses en demanda 0 el MAPE puede verse incrementado, y eso se confirma en el ECM que es menor pero negativo. Ver la figura abajo.

**Tabla 77. Comparativo Estilo 727980, Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - TENDENCIAL MÁS ESTACIONAL
ESTILO		727980
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	1,361,694
	MAD	57,693
	ECM	4.7E+09
	MAPE	100%
REAL	Histórico de Demanda Real	1,190,014
	Demanda Pronósticada del Cliente	729,870
	MAD	55,404
	ECM	6.4E+09
	MAPE	50%
DIFERENCIAS	Demanda Total	631,824
	MAD	2,290
	ECM	-1.6E+09
	MAPE	50%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.4 ANÁLISIS ESTILO AQ3210

El estilo presenta un incremento en su demanda de un 11% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es menor a 1 por lo que su demanda es perpetua o estacional. Adicional tiene la particularidad que no posee demanda en uno de sus meses.

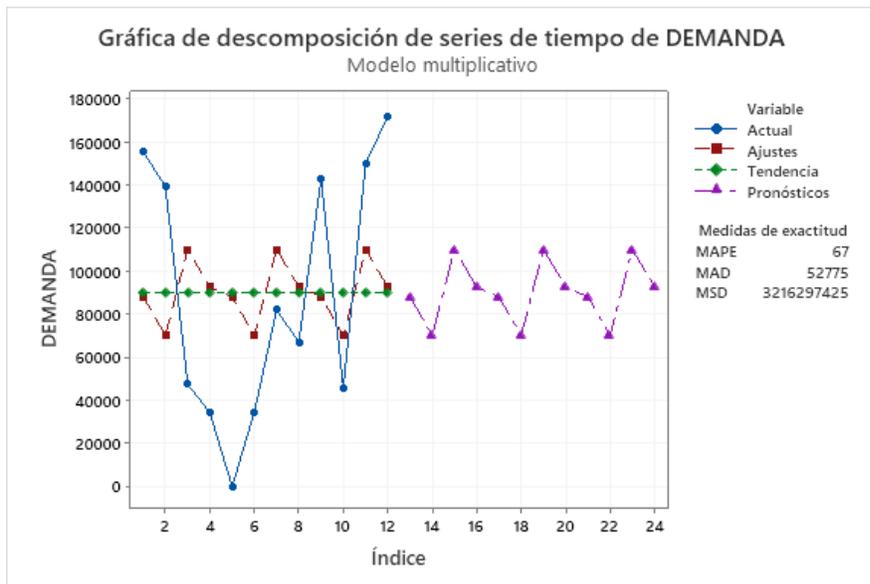
Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el Modelo de Descomposición, en este caso se seleccionó el Modelo Multiplicativo con tendencia estacional solamente utilizando los parámetros que fueron más exitosos durante el modo prueba, obteniendo así los resultados resumidos en las tablas y figuras

**Tabla 78. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo AQ3210, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			33%					67.00%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : MULTIPLICATIVO ESTACIONAL SOLAMENTE	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01	155,398	51,441	88,147	(36,706)	36,706	1.35E+09	71%					
02	139,359	168,804	70,138	98,666	98,666	9.73E+09	58%					
03	47,528	99,711	110,149	(10,438)	10,438	1.09E+08	10%					
04	34,334	53,176	92,697	(39,521)	39,521	1.56E+09	74%					
05		73,961	88,147	(14,186)	14,186	2.01E+08	19%					
06	34,602	58,042	70,138	(12,096)	12,096	1.46E+08	21%					
07	82,153	86,545	110,149	(23,604)	23,604	5.57E+08	27%					
08	66,898	139,050	92,697	46,353	46,353	2.15E+09	33%					
09	142,972	88,267	88,147	120	120	1.44E+04	0%					
10	45,571	29,097	70,138	(41,041)	41,041	1.68E+09	141%					
11	149,837	60,308	110,149	(49,841)	49,841	2.48E+09	83%					
12	171,989	278,072	92,697	185,375	185,375	3.44E+10	67%					
	<b>1,070,641</b>	<b>1,186,474</b>	<b>1,083,393</b>	<b>103,081</b>	<b>557,947</b>	<b>5.43E+10</b>	<b>606%</b>					

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	46,496	4.53E+09	50%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	35,269	2.18E+09	42%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 133. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo AQ3210, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo AQ3210: La Demanda más similar a la real en forma global es la herramienta pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es mayor 17%, igual en el MAD y ECM. Ver la figura abajo.

**Tabla 79. Comparativo Estilo AQ3210 Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE
ESTILO		AQ3210
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	1,083,393
	MAD	46,496
	ECM	4.5E+09
	<b>MAPE</b>	<b>50%</b>
REAL	Histórico de Demanda Real	1,186,474
	Demanda Pronósticada del Cliente	1,036,392
	MAD	37,353
	ECM	2.9E+09
	<b>MAPE</b>	<b>33%</b>
DIFERENCIAS	Demanda Total	<b>47,001</b>
	MAD	<b>9,143</b>
	ECM	<b>1.7E+09</b>
	<b>MAPE</b>	<b>17%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.5 ANÁLISIS ESTILO AR5307

El estilo presenta un incremento considerable en su demanda de un 146% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es menor a 1 por lo que su demanda es perpetua o estacional. Es el único estilo del programa A2 que salió dentro de los principales. Adicional, tiene la particularidad que no posee demanda en uno de sus meses.

Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el Modelo de Descomposición, en este caso se seleccionó el Modelo Aditivo con tendencia estacional solamente utilizando los parámetros que fueron más exitosos durante el modo prueba.

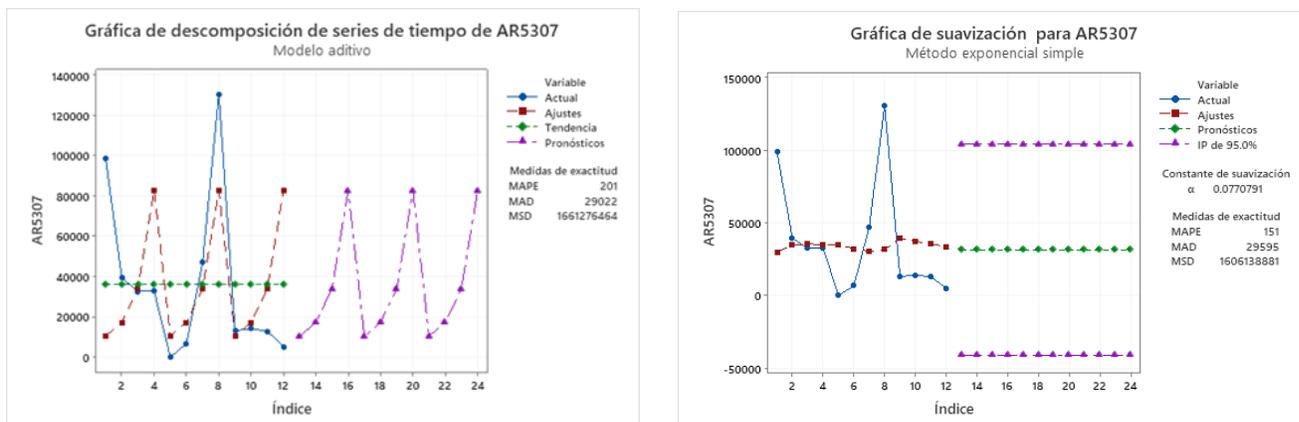
Adicionalmente debido a que la demanda global se miraba muy baja, se reviso con una

suavización exponencial doble y el valor era todavía menor y luego se utilizó una simple cuyos valores de error de pronóstico brindaban un mejor resultado, sin embargo, el número de demanda no cuadra con la demanda real.

**Tabla 80. Pronóstico modelos multiplicativo estacional, Estilo AR5307 Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA					MAPE HERRAMIENTA				
97%			201.00%					151.00%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : ADITIVO ESTACIONAL SOLAMENTE Q=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	PRONÓSTICO : SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	98,808	73,615	10,458	63,157	63,157	3.99E+09	86%	31,543	42,072	42,072	1.77E+09	57%
02	39,494	144,911	17,330	127,581	127,581	1.63E+10	88%	31,543	113,368	113,368	1.29E+10	78%
03	32,636	125,817	34,059	91,758	91,758	8.42E+09	73%	31,543	94,274	94,274	8.89E+09	75%
04	32,898	38,171	82,764	(44,593)	44,593	1.99E+09	117%	31,543	6,628	6,628	4.39E+07	17%
05	0	141,586	10,458	131,128	131,128	1.72E+10	93%	31,543	110,043	110,043	1.21E+10	78%
06	6,840	47,944	17,330	30,614	30,614	9.37E+08	64%	31,543	16,401	16,401	2.69E+08	34%
07	47,236	31,825	34,059	(2,234)	2,234	4.99E+06	7%	31,543	282	282	7.96E+04	1%
08	130,506	120,591	82,764	37,827	37,827	1.43E+09	31%	31,543	89,048	89,048	7.93E+09	74%
09	13,155	69,731	10,458	59,273	59,273	3.51E+09	85%	31,543	38,188	38,188	1.46E+09	55%
10	14,134	92,621	17,330	75,291	75,291	5.67E+09	81%	31,543	61,078	61,078	3.73E+09	66%
11	12,899	118,264	34,059	84,205	84,205	7.09E+09	71%	31,543	86,721	86,721	7.52E+09	73%
12	5,226	62,068	82,764	(20,696)	20,696	4.28E+08	33%	31,543	30,525	30,525	9.32E+08	49%
	433,832	1,067,144	433,832	633,312	768,357	6.69E+10	829%	378,515	688,629	688,629	5.75E+10	658%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico	12	433,832	64,030	5.58E+09	69%	12	378,515	57,386	4.79E+09	55%		
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE		
Errores de Pronóstico	6		81,472	8.13E+09	87%	6		63,798	5.99E+09	57%		

Fuente: Elaboración propia



**Figura 134. Modelo aditivo estacional y suavización exponencial simple, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo AR5307: La Demanda más similar a la real en forma global es la del cliente pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es entre 28% y 42% en el de descomposición y suavización respectivamente, el de descomposición no brinda un mejor MAD y ECM , pero el de suavización si muestra mejores resultados en el MAD y ECM. Ver la figura abajo.

**Tabla 81. Comparativo Estilo AR5307 Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	SUAIVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
ESTILO		AR5307	
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	433,832	378,515
	MAD	64,030	57,386
	ECM	5.6E+09	4.8E+09
	MAPE	69%	55%
REAL	Histórico de Demanda Real	1,067,144	1,067,144
	Demanda Pronósticada del Cliente	1,357,222	1,357,222
	MAD	61,685	61,685
	ECM	5.4E+09	5.4E+09
	MAPE	97%	97%
DIFERENCIAS	Demanda Total	(923,390)	(978,707)
	MAD	2,345	(4,299)
	ECM	1.6E+08	-6.2E+08
	MAPE	-28%	-42%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.6 ANÁLISIS ESTILO 718833

El estilo presenta un incremento en su demanda de un 103% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es menor a uno por lo que su demanda es perpetua o estacional. Adicional tiene la particularidad que no posee demanda en uno de sus meses.

Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el Modelo de Descomposición, en este caso se seleccionó el Modelo Aditivo con tendencia estacional solamente utilizando los parámetros que fueron más exitosos durante el modo prueba, obteniendo así los resultados resumidos en las tablas y figuras.

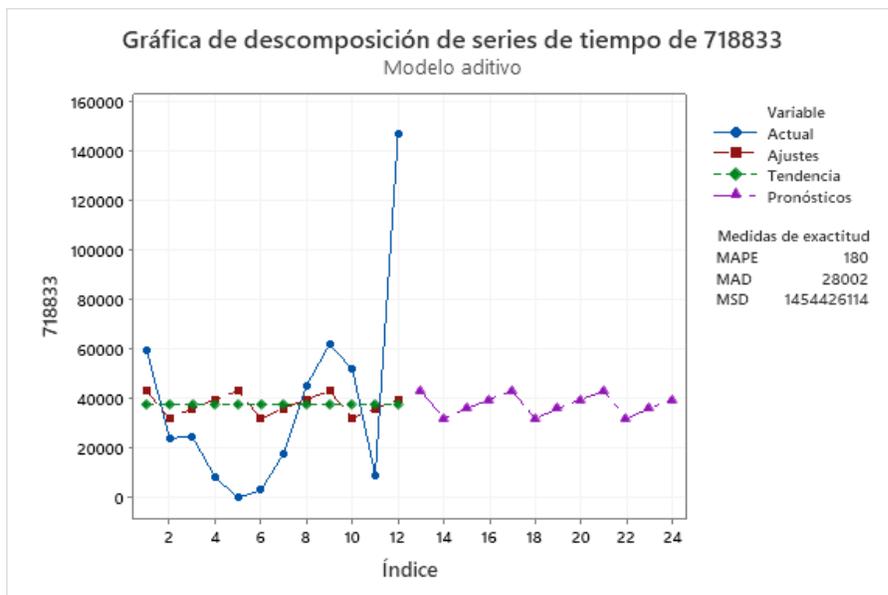
**Tabla 82. Pronóstico modelo multiplicativo estacional, Estilo 718833, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		80%	MAPE HERRAMIENTA					180.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : ADITIVO ESTACIONAL SOLAMENTE Q=4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	59,786	54,700	43,142	11,558	11,558	1.34E+08	21%	
02	24,161	60,792	32,011	28,781	28,781	8.28E+08	47%	
03	24,573	88,283	36,089	52,194	52,194	2.72E+09	59%	
04	8,240	64,627	39,768	24,859	24,859	6.18E+08	38%	
05		77,328	43,142	34,186	34,186	1.17E+09	44%	
06	3,072	89,110	32,011	57,099	57,099	3.26E+09	64%	
07	17,936	41,440	36,089	5,351	5,351	2.86E+07	13%	
08	45,370	118,253	39,768	78,485	78,485	6.16E+09	66%	
09	61,915	26,652	43,142	(16,490)	16,490	2.72E+08	62%	
10	51,978	34,932	32,011	2,921	2,921	8.53E+06	8%	
11	9,205	157,880	36,089	121,791	121,791	1.48E+10	77%	
12	146,793	103,685	39,768	63,917	63,917	4.09E+09	62%	
	<b>453,029</b>	<b>917,682</b>	<b>453,029</b>	<b>464,653</b>	<b>497,634</b>	<b>3.41E+10</b>	<b>563%</b>	

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	453,029	41,469	2.84E+09	47%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6		34,780	1.46E+09	46%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 135. Pronóstico modelo aditivo estacional solamente, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo 718833: La Demanda más similar a la real en forma global es la del cliente, pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es menor un-34%, aunque el MAD y ECM son mayores. Ver la figura abajo.

**Tabla 83. Comparativo Estilo 718833 Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE
ESTILO		718833
MINITAB	Demanda Pronosticada con Minitab	453,029
	MAD	41,469
	ECM	2.8E+09
	MAPE	47%
REAL	Histórico de Demanda Real	917,682
	Demanda Pronosticada del Cliente	1,228,024
	MAD	37,701
	ECM	2.1E+09
	MAPE	80%
DIFERENCIAS	Demanda Total	(774,995)
	MAD	3,769
	ECM	7.3E+08
	MAPE	-34%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.7 ANÁLISIS ESTILO 718839

El estilo presenta una reducción en su demanda de un -30% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es menor a uno por lo que su demanda es perpetua o estacional. Adicional tiene la particularidad que posee una demanda muy baja en uno de sus meses.

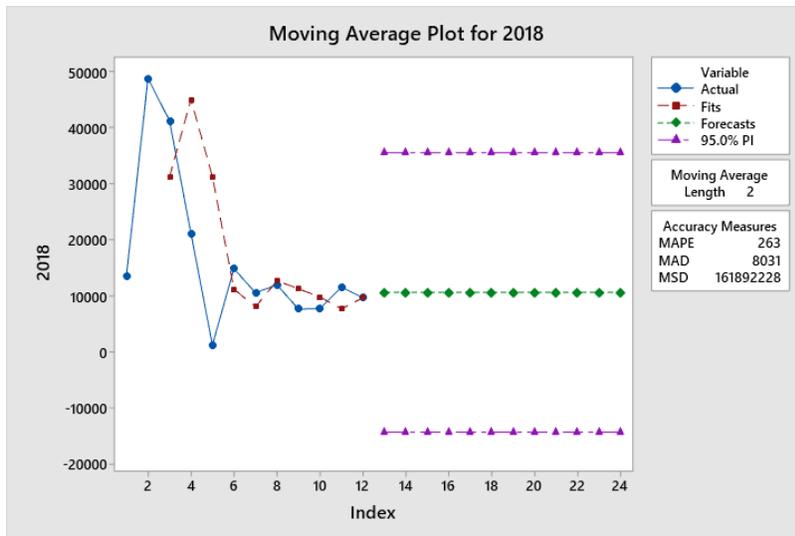
Al ser estacional se probó generar el pronóstico con el mismo modelo promedio móvil solo cambiando el parámetro de longitud, más buscando el adecuamiento al número de la demanda obteniendo así los resultados resumidos en las tablas y figuras

**Tabla 84. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Estilo 718839 Minitab 20.1.0**

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA									
			116%					263.00%				
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)					
01	13,609	5,042	10,652	(5,610)	5,610	3.15E+07	111%					
02	48,750	12,884	10,652	2,232	2,232	4.98E+06	17%					
03	41,280	9,420	10,652	(1,232)	1,232	1.52E+06	13%					
04	21,192	17,439	10,652	6,787	6,787	4.61E+07	39%					
05	1,287	30,084	10,652	19,432	19,432	3.78E+08	65%					
06	14,889	16,193	10,652	5,541	5,541	3.07E+07	34%					
07	10,596	27,096	10,652	16,444	16,444	2.70E+08	61%					
08	12,014	924	10,652	(9,728)	9,728	9.46E+07	1053%					
09	7,694		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08						
10	7,788		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08						
11	11,611	21,573	10,652	10,921	10,921	1.19E+08	51%					
12	9,693		10,652	(10,652)	10,652	1.13E+08						
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>127,824</b>	<b>12,831</b>	<b>109,883</b>	<b>1.32E+09</b>	<b>1444%</b>					

PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
12	9,157	1.10E+08	120%
6	6,806	8.21E+07	47%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 136. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Utilizando una longitud mayor de 4 periodos se obtiene similares pero mejores resultados.

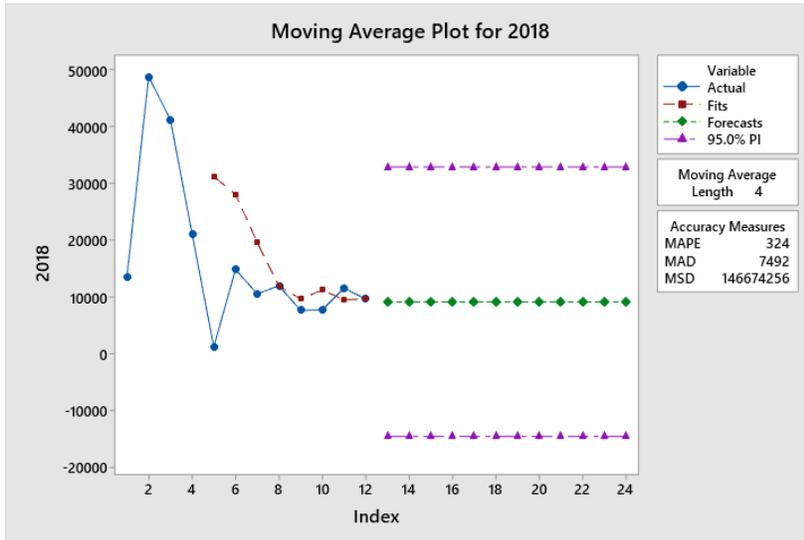
**Tabla 85. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Estilo 718839, Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		116%	MAPE HERRAMIENTA					324.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Promedio Móvil longitud 4	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	
01	13,609	5,042	9,197	(4,155)	4,155	1.73E+07	82%	
02	48,750	12,884	9,197	3,688	3,688	1.36E+07	29%	
03	41,280	9,420	9,197	224	224	5.00E+04	2%	
04	21,192	17,439	9,197	8,243	8,243	6.79E+07	47%	
05	1,287	30,084	9,197	20,888	20,888	4.36E+08	69%	
06	14,889	16,193	9,197	6,997	6,997	4.90E+07	43%	
07	10,596	27,096	9,197	17,900	17,900	3.20E+08	66%	
08	12,014	924	9,197	(8,273)	8,273	6.84E+07	895%	
09	7,694		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
10	7,788		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
11	11,611	21,573	9,197	12,377	12,377	1.53E+08	57%	
12	9,693		9,197	(9,197)	9,197	8.46E+07		
	<b>200,403</b>	<b>140,655</b>	<b>110,358</b>	<b>30,297</b>	<b>110,330</b>	<b>1.38E+09</b>	<b>1292%</b>	
PERIODOS			MAD		ECM		MAPE	
	12		9,194		1.15E+08		108%	
PERIODOS			MAD		ECM		MAPE	
	6		7,365		9.73E+07		46%	

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo 718839: La Demanda más similar a la herramienta en forma global que a la del cliente pero al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es

mayor un 4% en el método de promedio móvil con dos periodos de longitud, pero al utilizar 4 periodos como longitud, el MAPE se vuelve menor un -9% , y en ambos escenarios se obtienen mejores MAD y ECM que son mayores. Ver la figura abajo.



**Figura 137. Pronóstico promedio móvil longitud 4, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 86. Comparativo Estilo 718839 Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		PROMEDIO MÓVIL Q2	PROMEDIO MÓVIL Q4
ESTILO		718839	
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	127,824	110,358
	MAD	9,157	9,194
	ECM	1.1E+08	1.1E+08
	MAPE	120%	108%
REAL	Histórico de Demanda Real	140,655	140,655
	Demanda Pronósticada del Cliente	180,710	180,710
	MAD	17,014	17,014
	ECM	3.9E+08	3.9E+08
	MAPE	116%	116%
DIFERENCIAS	Demanda Total	(52,886)	(70,352)
	MAD	(7,857)	(7,819)
	ECM	-2.8E+08	-2.7E+08
	MAPE	4%	-9%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.8 ANÁLISIS ESTILO 718837

El estilo presenta un incremento en su demanda de un incremento de 9% comparando el 2018 con el 2019, el coeficiente de variación es mayor a uno por lo que no se puede decir que su demanda es perpetua o estacional. Adicional tiene la particularidad que posee una demanda muy baja en varios de sus meses.

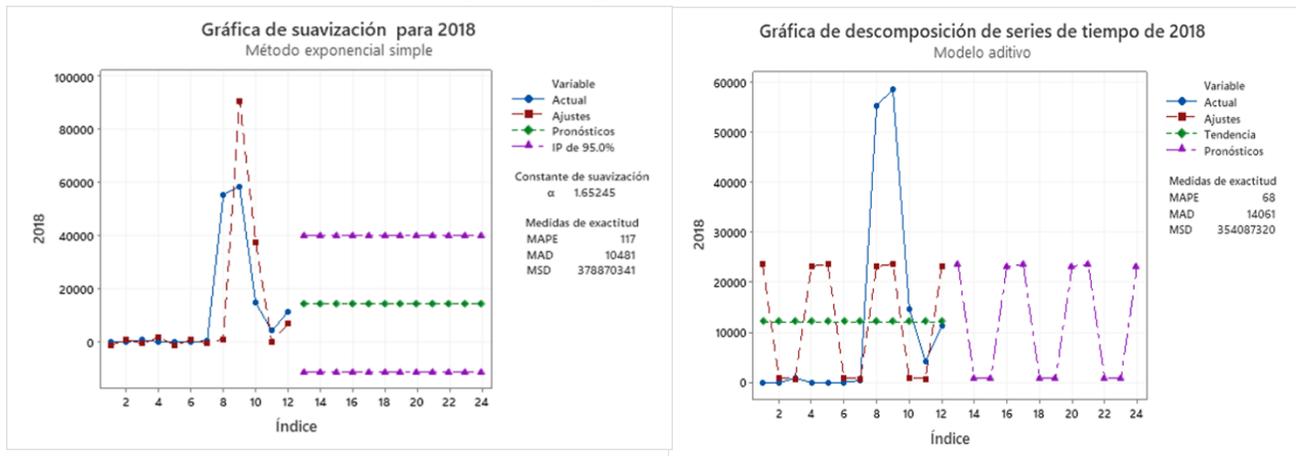
Debido a que no se identifica un patrón se utilizó suavización exponencial simple y modelo de descomposición aditivo con tendencia estacional solamente.

**Tabla 87. Pronóstico promedio móvil longitud 2, Estilo 718839 Minitab 20.1.0**

REAL MAPE		210%	MAPE HERRAMIENTA					117.00%	MAPE HERRAMIENTA					68.00%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO: SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	PRONÓSTICO: DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)		
01		19,336	14,228	5,108	5,108	2.61E+07	26%	23,650	(4,314)	4,314	1.86E+07	22%		
02		11,723	14,228	(2,505)	2,505	6.27E+06	21%	865	10,859	10,859	1.18E+08	93%		
03	830	3,226	14,228	(11,002)	11,002	1.21E+08	341%	750	2,477	2,477	6.13E+06	77%		
04		0	14,228	(14,228)	14,228	2.02E+08		23,191	(23,191)	23,191	5.38E+08			
05		0	14,228	(14,228)	14,228	2.02E+08		23,650	(23,650)	23,650	5.59E+08			
06		42,272	14,228	28,044	28,044	7.86E+08	66%	865	41,408	41,408	1.71E+09	98%		
07	443	3,296	14,228	(10,932)	10,932	1.20E+08	332%	750	2,547	2,547	6.48E+06	77%		
08	55,313	1,741	14,228	(12,487)	12,487	1.56E+08	717%	23,191	(21,450)	21,450	4.60E+08	1232%		
09	58,494		14,228	(14,228)	14,228	2.02E+08		23,650	(23,650)	23,650	5.59E+08			
10	14,760		14,228	(14,228)	14,228	2.02E+08		865	(865)	865	7.47E+05			
11	4,176	58,726	14,228	44,498	44,498	1.98E+09	76%	750	57,977	57,977	3.36E+09	99%		
12	11,349	17,496	14,228	3,268	3,268	1.07E+07	19%	23,191	(5,695)	5,695	3.24E+07	33%		
	145,365	157,816	170,732	(12,916)	174,755	4.02E+09	1598%	145,365	12,451	218,080	7.37E+09	1730%		
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE	PERIODOS	D	MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico	12		170,732	14,563	3.35E+08	133%	12	145,365	18,173	6.15E+08	144%			
Numero de Periodos (n)	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE	PERIODOS		MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico	6		12,519	2.24E+08	76%	6		17,650	4.92E+08	48%				

Fuente: Elaboración propia

Se detallan ambos métodos en las gráficas siguientes



**Figura 138. Suavización exponencial simple y Modelo aditivo estacional, Minitab 20.1.0**

Fuente: Elaboración propia

Resultado estilo 718837: La Demanda más similar a la real es la de la herramienta para el modelo de descomposición, al analizar las medidas de error MAPE el pronóstico generado en Minitab es mucho menor que el del cliente, similar a los otros métricos MAD y ECM

**Tabla 88. Comparativo Estilo 718837 Minitab vs Pronóstico Actual**

MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO		SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE
ESTILO		718837	
MINITAB	Demanda Pronósticada con Minitab	170,732	145,365
	MAD	14,563	18,173
	ECM	3.3E+08	6.1E+08
	MAPE	133%	144%
REAL	Histórico de Demanda Real	157,817	157,817
	Demanda Pronósticada del Cliente	135,795	135,795
	MAD	19,486	19,486
	ECM	7.5E+08	7.5E+08
	MAPE	210%	210%
DIFERENCIAS	Demanda Total	34,937	9,570
	MAD	(4,923)	(1,312)
	ECM	-4.2E+08	-1.4E+08
	MAPE	-77%	-66%

Fuente: Elaboración propia

Las conclusiones de estos análisis se describirán en la sección 4.5 de comprobación de hipótesis

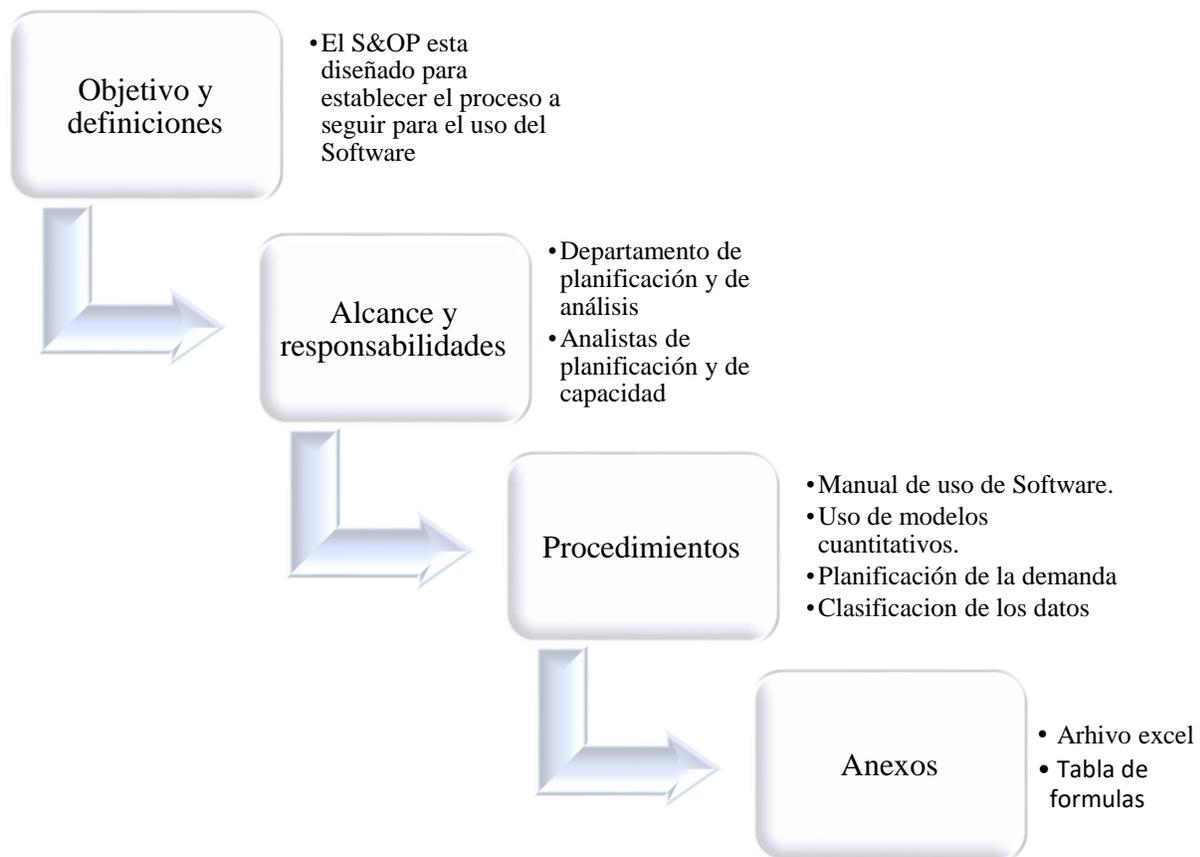
#### 4.4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4:

El cuarto objetivo específico es “Crear el procedimiento de operación de la herramienta seleccionada para medición de la precisión del pronóstico de demanda.”

#### 4.4.3 S&OP

Seleccionado el modelo de pronóstico para la empresa, elaboramos un modelo S&OP. Para el buen funcionamiento y operación de este, en Anexo se adjunta el manual de procedimientos. Mostraremos de manera resumida el contenido del S&OP.

En el S&OP se muestra el cambio en el procedimiento de planificación de la demanda, que se había explicado en análisis interno, 2.1.4.4 etapas de análisis de pronóstico. Se agregó el ítem dos y tres y se definió el proceso de análisis de la variación.



**Figura 139. Modelo S&OP elaborado**

Fuente: Elaboración propia

1. Recepción del pronóstico

El analista de planificación descarga del sistema del cliente el pronóstico de la demanda, calculado en base a sus procesos internos.

2. Creación del pronóstico como herramienta

El analista de planificación deberá generar el pronóstico interno de la compañía, utilizando el software de Minitab, con el modelo que más se adecue a la demanda.

3. Medición pronóstica del cliente vs pronóstico de herramienta vs demanda real

El analista de planificación trabajara en la matriz que se encuentra en anexo uno la

comparación del pronóstico del cliente, pronóstico de la herramienta utilizada vs la demanda real, para analizar los comportamientos de: Demanda, MAD, ECM y MAPE.

#### 4. Distribución de la demanda por plantas de manufactura

Corporativo designa la distribución de la demanda para la producción en las plantas de Honduras.

#### 5. Análisis de la variación

Se establecerá el procedimiento de medir los cambios del pronóstico del cliente vs el pronóstico interno generado por Minitab vs la demanda real cuando esta ya esté disponible, dicho paso debe hacerse de forma mensual y estar evaluando constantemente los estadísticos del error, MAD, ECM y MAP.

#### 6. Análisis de la capacidad

El planeador de cada planta analiza sus nuevas proyecciones y hace un estudio de capacidad para poder cumplir la demanda.

#### 7. Actualización de la capacidad en sistema de cliente

Se actualiza la capacidad en el sistema del cliente, acorde a la confirmación de la capacidad de cada planta.

### 4.4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el proceso final de la implementación del software, se dejará la guía y el plan de trabajo a ejecutar durante el periodo de 90 días. Deberán ser cumplidos para el buen desempeño y resultados de la compañía.

**Tabla 89. Diagrama Gant para implementación del software Minitab**

Plan de Trabajo para implementación de Software Minitab en " Tres Valles"				30 días	60 días	90 días
Item	Plan a desarrollar	Responsable	Presupuesto			
1	Validación de las licencias a necesitar	Dir.Planificación				
2	Despliegue de toda la información del Software con Finanzas	Dir.Planificación				
3	Solicitar autorización de compra del Software	Dir.Planificación				
4	Compra del Software	Equipo IT	\$ 3,061.78			
5	Implementación del Software.	Minitab				
6	Capacitaciones sobre el uso.	Minitab	\$ 95.33			
7	Prueba piloto en categoría principal	Planificación				
8	Estandarización del resto de base de datos	Planificación				
9	Despliegue al total de la demanda	Planificación				
10	Revisión del progreso del uso del Software.	Planificación				
11	Revisión de los pronósticos realizados en minitab.	Planificación				
12	Evaluación de satisfacción de los usuarios	Planificación				
13	Realizar ajustes	Planificación				
14	Validación del proceso durante el ciclo de la temporada alta	Planificación				
15	Asegurarse que se hayan cumplido los objetivos de 30 días.	Planificación				
16	Revisar los análisis de variación que se cumplan mes a mes, como lo indica en S&OP	Planificación				
17	Ejecutar plan de auditoria y seguimiento	Planificación				
<b>Total</b>			<b>\$ 3,157.11</b>			

Indicadores  
 Pendiente   
 Hecho

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis de este trabajo de investigación planteada en la sección 3.1.3 consistía en:

**Ho: No** existe una herramienta de software de pronóstico cuya precisión medida a través del error MAPE sea menor o igual al 20% utilizado como meta interna para planificar la demanda de la principal categoría de exportación de la Empresa.

**Hi: Existe** una herramienta de software de pronóstico cuya precisión medida a través del error MAPE sea menor o igual al 20% utilizado como meta interna para planificar la demanda de la principal categoría de exportación de la Empresa.

Siendo el error MAPE una medida estadística que mide el error porcentual absoluto medio, también conocido como desviación porcentual absoluta media, no se requiere pruebas adicionales para la validación de la Hipótesis, ya que la aceptación de la hipótesis de investigación se podrá resumir en el siguiente criterio:

Si el error de pronóstico MAPE generado con la herramienta es menor o igual al error de pronóstico MAPE de 20% establecido como meta, entonces se rechaza la hipótesis nula. En la siguiente tabla se analizan los resultados globales de las tres herramientas en estudio y se detalla si cumple con el criterio de hipótesis de investigación:

**Tabla 90. Comprobación de la hipótesis**

HERRAMIENTA	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	Hipótesis MAPE Herramienta <= 20%	Demanda Real	Demanda Pronosticada	MAD	ECM	MAPE
SISTEMA ACTUAL	Datos Internos	No cumple	6,659,947	6,626,652	130,300	3.4E+10	24%
MINITAB	PROMEDIO MÓVIL Q4	Si cumple	6,659,947	6,429,900	90,453	1.2E+10	17.8%
FORECAST PRO	PROMEDIO MÓVIL Q4	Si cumple	6,659,947	6,523,740	90,387	1.2E+10	18.0%
XLSTAT	PROMEDIO MÓVIL Q4	Si cumple	6,659,947	6,243,477	96,198	1.3E+10	18.5%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla resumen, las tres herramientas cumplen con el criterio de brindar un error de pronóstico MAPE menor o igual al 20% utilizado como meta interna en la empresa, sin embargo, la herramienta que provee el menor error MAPE de las tres es Minitab.

Dicho esto, y con el fin de validar el objetivo general de este trabajo de investigación considerando que la precisión se mide con el error de pronóstico, tenemos así el siguiente resumen comparativo de cada estilo comparando el MAD, ECM y MAPE de la herramienta seleccionada que es Minitab, contra el MAD, ECM y MAPE generado a través del cálculo de la precisión actual

que compara el pronóstico del cliente contra la demanda real obteniendo la siguiente tabla resumen.

**Tabla 91. Resultados análisis de precisión**

ESTILO	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	2019								
		MINITAB				REAL				
		Demanda Pronósticada con Minitab	MAD	ECM	MAPE	Demanda Total	Demanda Pronósticada del Cliente	MAD	ECM	MAPE
<b>TOTAL</b>	<b>PROMEDIO MÓVIL Q4</b>	<b>6,429,900</b>	<b>90,453</b>	<b>1.2E+10</b>	<b>17.8%</b>	<b>6,659,947</b>	<b>6,626,652</b>	<b>130,300</b>	<b>3.4E+10</b>	<b>24%</b>
727982	MÉTODO DE WINTER - MULTIPLICATIVO	1,812,761	80,161	9.1E+09	57%	2,000,161	1,958,639	81,903	1.2E+10	64%
727980	DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - TENDENCIAL MÁS ESTACIONAL	1,361,694	57,693	4.7E+09	100%	1,190,014	729,870	55,404	6.4E+09	50%
AQ3210	DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	1,083,393	46,496	4.5E+09	50%	1,186,474	1,036,392	37,353	2.9E+09	33%
AR5307	DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	433,832	64,030	5.6E+09	69%	1,067,144	1,357,222	61,685	5.4E+09	97%
	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	378,515	57,386	4.8E+09	55%	1,067,144	1,357,222	61,685	5.4E+09	97%
718833	DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	453,029	41,469	2.8E+09	47%	917,682	1,228,024	37,701	2.1E+09	80%
718839	PROMEDIO MÓVIL Q2	127,824	9,157	1.1E+08	120%	140,655	180,710	17,014	3.9E+08	116%
	PROMEDIO MÓVIL Q4	110,358	9,194	1.1E+08	108%	140,655	180,710	17,014	3.9E+08	116%
718837	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	170,732	14,563	3.3E+08	133%	157,817	135,795	19,486	7.5E+08	210%
	DESCOMPOSICIÓN ADITIVO - ESTACIONAL SOLAMENTE	145,365	18,173	6.1E+08	144%	157,817	135,795	19,486	7.5E+08	210%

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, de siete estilos y una total de la categoría estudiados, se obtienen resultados mejores que los del proceso actual en seis de ellos, y dos no cumplen en cuanto al MAPE.

Es decir 75% de las pruebas fueron exitosas, y al comparar el total de la categoría se obtiene que la precisión del pronóstico en la principal categoría de exportación de la empresa es mejor que el que proporciona el pronóstico de demanda de producto actual.

Por lo tanto, el objetivo general de seleccionar una herramienta con un mejor nivel de precisión que el sistema actual se cumpliría para el caso de Minitab.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

1. La selección de Minitab como herramienta utilizada para generar el pronóstico de demanda de producción nos brinda resultados exitosos, ya que los datos obtenidos en las pruebas realizadas en el software Minitab muestran un error de pronóstico MAPE del 17.8%; por lo que se rechaza la hipótesis nula al obtener un error MAPE menor o igual al 20% establecido como meta interna por la empresa para la demanda de la principal categoría de exportación de la Empresa.
2. Se realizó un diagnóstico bastante representativo de la metodología de pronóstico utilizada actualmente en la Empresa, pudiendo determinar que la precisión del modelo actual de pronóstico de la demanda de producción de La Empresa no cumple con el nivel de asertividad requerido que es de un 20% de error MAPE, ya que se tiene un error de pronóstico MAPE de 24.3% en la medición del año 2019, y de un 44.2% del 2018 al 2019.
3. Después de conocer las opciones de cálculo de pronóstico y realizar pruebas piloto en los diferentes métodos cuantitativos en las herramientas seleccionadas, se logró valorar los aspectos funcionales de cada herramienta con base a su nivel de precisión. Obteniendo así que en el caso de EXCEL STATS y Minitab son los más adecuados en cuanto a la funcionalidad, y brindan niveles de precisión bastante aceptables. En el caso de Forecast Pro, aunque tiene opciones diversas no se adapta completamente a los criterios de selección ya que el modo automático de la herramienta limita la flexibilidad de explorar métodos alternos.

4. Se definió la matriz de decisión con los comentarios del juicio de expertos, y los resultados de la matriz de decisión permitieron evaluar las opciones de herramientas en tres componentes principales: el funcional cuya mayor ponderación la obtuvo Minitab, el componente técnico la cual el puntaje más alto fue Forecast Pro y el componente económico que lideró el Excel STATS. Con base a dichos criterios, el software seleccionado fue Minitab.
5. Se redactó el procedimiento para utilizar Minitab, modificando así el proceso actual de planificación de la demanda y con el uso de esta metodología se puede alcanzar la meta de 80% de precisión establecida en La Empresa, dicho procedimiento se deberá ir actualizando y modificando en la medida que se vaya implementando en las diferentes categorías, y con los ajustes necesarios debido a los cambios normales de demanda.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Con base a las conclusiones del apartado anterior, se detallan las recomendaciones con el propósito de dar continuidad a la implementación de una herramienta de pronóstico en La Empresa.

1. Se recomienda que se adquiriera el software de Minitab para el análisis de pronóstico de la demanda, siendo este un sistema de pronóstico profesional que servirá para las áreas de planificación ya que los análisis estadísticos en estos departamentos debe ser un requisito importante para análisis y gestión de la demanda. Y Minitab cumple con los requisitos funcionales, técnicos y financieros establecidos.

2. El proceso de pronóstico actual debe ser estudiado en mayor detalle con el fin de sincronizar la herramienta con el pronóstico del cliente y entender las razones de variación, así como su relación con el sistema de capacidades de producción. El mismo procedimiento estadístico que ayuda a medir la precisión podría seguirse para definir la mejor frecuencia de recepción de pronósticos, así como la validación de la demanda real contra el pronóstico.
3. Teniendo en cuenta los buenos resultados obtenidos con la herramienta seleccionada, se recomienda aplicar esta metodología de análisis de pronóstico en el resto de categorías de producto, así como preparar las bases de datos necesarias para que la recolección de información sea de forma más expedita y estandarizada, ya que la puesta en marcha del proceso de gestión de pronóstico de demanda depende en gran parte de la rigurosidad para registro de la información de demanda histórica y la calidad de la misma. Sin este requisito no se puede garantizar el asertividad del mismo.
4. De las herramientas evaluadas la seleccionada es Minitab y se recomienda explorar las funciones adicionales que el software provee ya que otro aspecto importante es que se deben documentar los factores que inciden en el proceso de pronóstico y la toma de decisiones de la demanda. Existen diversas fuentes sobre la demanda, como ser el juicio de personas experimentadas, el cliente, históricos la incorporación de nuevos estilos y tendencias. Por lo tanto, la comunicación entre áreas funcionales es la clave del éxito y lo mejor es aplicar metodologías de clase mundial como la reunión de Planificación de Ventas y Operaciones (S&OP); esto en paralelo al cálculo estadístico puede ayudar a otras áreas funcionales dentro de la misma empresa.

5. Finalmente se recomienda que antes de implementar el software de pronóstico se socialice y se haga un plan de capacitación como se propone en esta investigación, que involucre a los participantes claves y se sientan parte del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, F. (s. f.). Matriz de Decisión-Investigación de Operaciones II.  
[http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624\\_u9\\_Matriz\\_de\\_decisiones.pdf](http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1624/1624_u9_Matriz_de_decisiones.pdf)
- Analítica de Retail. (2018, septiembre 13). Las 7 métricas de la cadena de suministro más importantes. Analítica de Retail. <http://analiticaderetail.com/metricas-de-la-cadena-de-suministro/>
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). Estadística para administración y economía (10.a ed.). CENGAGE Learning.  
[https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/estadistica-para-administracion-y-economia\\_anderson\\_sweeney\\_y\\_williams.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/estadistica-para-administracion-y-economia_anderson_sweeney_y_williams.pdf)
- APICS. (2017). Supply Chain Operations Reference Model.  
<http://www.logsuper.com/ueditor/php/upload/file/20190530/1559181653829933.pdf>
- Apisitniran, L. (2020, mayo 25). Global supply chain renovation. Bangkok Post.  
<https://www.bangkokpost.com/business/1923796/global-supply-chain-renovation>
- Atkinson, A., & Riani, M. (1997). BIVARIATE BOXPLOTS, MULTIPLE OUTLIERS, MULTIVARIATE TRANSFORMATIONS AND DISCRIMINANT ANALYSIS: THE 1997 HUNTER LECTURE. 8.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.451.9693&rep=rep1&type=pdf>
- AulaFacil. (2020). Teorema Central del Límite.  
<https://www.aulafacil.com/cursos/estadisticas/gratis/teorema-central-del-limite-111250>
- Avnet. (2017, mayo). Nike Takes the Leap. <http://scnavigator.avnet.com/article/may-2017/nike-takes-the-leap/>

- Baldera, J., Medina, J., & Uriarte, M. (2017). EVALUACION DEL IMPACTO DE LA ACCIDENTABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS MINAS PERUANAS: CASO DE ESTUDIO: EMPRESAS DE LA BVL EN LA GRAN Y Y MEDIANA MINERIA [Investigación]. Escuela de Postgrado de GERENS. [http://repositorio.gerens.edu.pe/bitstream/Gerens/21/1/MGM005\\_GER.pdf](http://repositorio.gerens.edu.pe/bitstream/Gerens/21/1/MGM005_GER.pdf)
- BI-Survey. (s. f.-a). Adaptive Insights. BI-Survey. <https://bi-survey.com/product/adaptive-insights>
- BI-Survey. (s. f.-b). IDL. BI-Survey. <https://bi-survey.com/product/idl-cpm-bi-suite>
- BI-Survey. (s. f.-c). OneStream. BI-Survey. <https://bi-survey.com/product/onestream-xf>
- BI-Survey. (s. f.-d). Serviceware Performance. BI-Survey. <https://bi-survey.com/product/serviceware-performance>
- BI-Survey. (2020). Comparison of the Best Planning, Budgeting and Forecasting Tools in 2020 (The Planning Survey 20). BI-Survey. <https://bi-survey.com/planning-software-comparison>
- Bodo, G.; Golinelli, R. & Parigi, G. (2020). Forecasting industrial production in the Euro area. 541-561.
- Botero, J. & Alvarez, L. (2013). CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA EMPRESARIAL [UNIVERSIDAD DEL ROSARIO]. <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4847/BoteroBernal-Jorge-2013.pdf>
- Bruce, A., & Martin, D. (1989). Leave-k-out Diagnostic for Time Series. 51, 363-424.
- Brzoska, J. (2020). Market forecasting in China: An Artificial Neural Network approach to optimize the accuracy of sales forecasts in the Chinese automotive market. [https://www.researchgate.net/publication/341164324\\_Market\\_forecasting\\_in\\_China\\_An\\_Artificial\\_Neural\\_Network\\_approach\\_to\\_optimize\\_the\\_accuracy\\_of\\_sales\\_forecasts\\_in\\_the\\_Chinese](https://www.researchgate.net/publication/341164324_Market_forecasting_in_China_An_Artificial_Neural_Network_approach_to_optimize_the_accuracy_of_sales_forecasts_in_the_Chinese)

\_automotive\_market

Burba, D. (2019, octubre). An overview of time series forecasting models. Towards Data Science.

<https://towardsdatascience.com/an-overview-of-time-series-forecasting-models-a2fa7a358fcb>

Burgaentzle, F. (2016). Pronósticos y modelos de inventarios en las industrias de alimentos: Caso de estudio de una empresa láctea ecuatoriana.

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6226/1/128660.pdf>

Cartoceti, D. (2017). ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICO-FINANCIERA PARA LA FABRICACIÓN DE LIBROS MEDIANTE IMPRESIÓN DIGITAL RESPECTO DE LA IMPRESIÓN OFFSET EN LA ASOCIACIÓN CASA EDITORA SUDAMERICANA (ACES) [Universidad de Argentina de la Empresa].

<https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/5801/PFI%20Daniel%20Cartoceti%201024665%20-%20Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Castillo, O. (2009). ESTADÍSTICA MÓDULO 1.

<http://www.alejandrogonzalez.com.ar/archivos/librodecalidad-estadisticaaplicada.pdf>

Céspedes, A. (2017). Construcción de modelo de forecast para estimación de demanda en una empresa multinacional de ventas por departamento [IVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA].

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/41250/3560902038636UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chaman, J. (2006). Benchmarking forecasting software and systems.

Chapman, S. (2006). Planificación y control de la producción: Vol. fr (1.a ed.). Pearson Education.

[https://www.academia.edu/10616305/1\\_Apoyo\\_General\\_LIBRO\\_planificacion\\_y\\_control\\_de\\_la](https://www.academia.edu/10616305/1_Apoyo_General_LIBRO_planificacion_y_control_de_la)

\_produccion\_chapman\_130315164550\_phpapp02

- Correa, O. (2011, marzo 1). Pronóstico a través de analogías. <http://mind.com.co/pronosticar-productos-nuevos-a-traves-de-analogias/>
- Croston, J. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Operational Research Quarterly*. (3.a ed., Vol. 23).
- Diño, P., Cirett, F. & Soto, F. (2016). SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACION EN MATERIA DE PATENTES (PCT). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. <https://patentimages.storage.googleapis.com/8d/34/f5/e296accaac0015/WO2016122292A1.pdf>
- Duran, J. & Flores, B. (1998). Forecasting Practices in Mexican Companies. 56-62.
- EALDE. (2018, mayo 25). 7 principios del Supply Chain Management. EALDE Business School. <https://www.ealde.es/principios-supply-chain-management/>
- Estaún, M. (2020, septiembre 25). La Cadena de Gestión de Suministro (SCM): Qué es y cuáles son las ventajas que ofrece. IEBS. <https://www.iebschool.com/blog/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>
- Frausto, J. (2009). PRONÓSTICOS DE VENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN ESTRATEGICA DE LOS RECURSOS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOTRIZ. [INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY]. [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569469/DocsTec\\_10231.pdf?sequence=1](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569469/DocsTec_10231.pdf?sequence=1)
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw-Hill.

- Gershwin, K. (2005). Information inaccuracy in inventory systems: Stock loss and stockout. 37.
- Hanke, J., & Wichern, D. (2006). Pronósticos en los negocios (8.a ed.). Pearson Education.  
[https://books.google.hn/books?id=WaiOrL8oct4C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hn/books?id=WaiOrL8oct4C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Heaton, C.; Ponomareva, N. & Zhang, Q. (2019). Forecasting models for the Chinese macroeconomy: The simpler the better?  
[https://www.researchgate.net/publication/337087641\\_Forecasting\\_models\\_for\\_the\\_Chinese\\_maeconomy\\_the\\_simpler\\_the\\_better](https://www.researchgate.net/publication/337087641_Forecasting_models_for_the_Chinese_maeconomy_the_simpler_the_better)
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la Investigación (5ta ed.). McGraw-Hill.
- Hippold, S. (2020, febrero 3). Coronavirus: How to Secure Your Supply Chain. Gartner.  
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/coronavirus-how-to-secure-your-supply-chain/>
- Hua, S. (2013). Supply Chain Perspectives and Issues in China. Fung Business Intelligent Center.  
[http://www.iberglobal.com/Archivos/China\\_supply\\_chain\\_perspectives\\_fung.pdf](http://www.iberglobal.com/Archivos/China_supply_chain_perspectives_fung.pdf)
- IBM Analytics. (2018). Planning, budgeting and forecasting: Software selection guide. IBM.  
<https://www.ibm.com/downloads/cas/KKLV6LAE>
- Impacto de los pronósticos de ventas erróneos. (s. f.).  
<https://utecno.files.wordpress.com/2011/09/presupuestos.pdf>
- Kattan, J., Cerna, R., Venegas, V. & Santamaría, J. (2019). Manufactura en Honduras, breve panorama de las industrias locales [Investigación].
- Kemp, A. (2020, febrero 13). Doing Business in Germany. QAD.  
<https://www.qad.com/blog/2020/02/doing-business-in-germany>
- Khan Academy. (2020). Calcular la desviación estándar paso a paso.

<https://es.khanacademy.org/math/probability/data-distributions-a1/summarizing-spread-distributions/a/calculating-standard-deviation-step-by-step>

Kotler, P. & Armstrong, G. (2008). Fundamentos de marketing (8.a ed.). Pearson Education.

Laguna, C. (s. f.). CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL. <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>

Lunenburg, F. (2012). Human Resource Planning: Forecasting Demand and Supply. 1, 15, 1-10.

Makridakis, S., Wheelwright, S., & Hyndman, R. (1998). Forecasting: Methods and applications. John Wiley & Sons.

Manjarres, E. & Mogollón, J. (s. f.). DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE PRONOSTICO, PARA UNA LÍNEA DE EMBASADOS DE UNA PLANTA QUE ELABORA PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO.

Martin, M. (2017, octubre 20). Planificación de la cadena de suministros: Desde el S&OP hasta el IBP. Conexionesan. <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2017/10/20/la-planificacion-de-la-cadena-de-suministros/>

MeetLogistics. (2020, marzo 16). Planificación de la Demanda: Fundamentos. MeetLogistics. <https://meetlogistics.com/demand-planning/planificacion-de-la-demanda-fundamentos/>

Minitab 18. (s. f.). Prueba de normalidad. Soporte Minitab 18. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>

Mordor Intelligence. (2019). Brazil Manufacturing Predictive Analytics Market—Segmented by Type, Function, and End-user—Trends, Analysis & Forecast (2020—2025) [Investigación]. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/brazil-manufacturing-predictive-analytics-market-study>

- Moreno, M. (s. f.). Medición del Software. Recuperado 27 de noviembre de 2020, de <http://avellano.usal.es/~mmoreno/APITema2.pdf>
- MurciaEconomía. (2020, noviembre 26). Japón busca diversificar su cadena de suministro en el Sudeste Asiático. <https://murciaeconomia.com/art/73996/japon-busca-diversificar-su-cadena-de-suministro-en-el-sudeste-asiatico>
- Murphy, A. (1993). What is a good forecast? An Essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting. 281-293. [https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/8/2/1520-0434\\_1993\\_008\\_0281\\_wiagfa\\_2\\_0\\_co\\_2.xml?tab\\_body=pdf](https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/8/2/1520-0434_1993_008_0281_wiagfa_2_0_co_2.xml?tab_body=pdf)
- Neufeld, D. (2020, noviembre 17). MARKETSMapped: The Top Export in Every Country. Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/mapped-top-export-in-every-country/>
- Organización Mundial del Comercio, & IDE-JETRO. (2011). Pautas del comercio y cadenas de valor mundiales en el caso de Asia Oriental. Organización Mundial del Comercio.
- Panetta, F. (2020) A commitment to the recovery. <https://www.bis.org/review/r201216b.pdf>
- Pardo, D.; Cirett, F. & Soto, F. (2016). SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACION EN MATERIA DE PATENTES (PCT). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. <https://patentimages.storage.googleapis.com/8d/34/f5/e296accaac0015/WO2016122292A1.pdf>
- Pérez, J., & Merino, M. (2013). Técnico. <https://definicion.de/tecnico/>
- Pinedo, J. (2018). Propuesta de un modelo de pronósticos de demanda y gestión de inventarios para la planeación de demanda en prendas de vestir juvenil [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623528/Pinedo\\_CJ.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623528/Pinedo_CJ.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

- Pronóstico Experto. (s. f.). La anatomía de un pronóstico estadístico.  
<https://www.pronosticoexperto.com/cpto-anatomia>
- Psicología y Educación Integral A.C. (2009, junio 11). DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN. [https://es.slideshare.net/pei.ac01/diseo-de-instrumentos-de-investigacin?next\\_slideshow=1](https://es.slideshare.net/pei.ac01/diseo-de-instrumentos-de-investigacin?next_slideshow=1)
- Real Academia Española. (s. f.). Demanda. En Real Academia Española.  
<https://dle.rae.es/demanda>
- Retos en Supply Chain. (2018, enero). 2 tipos de demanda y la tecnología que apoya cada estrategia. EAE Business School. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/2-tipos-de-demanda-y-la-tecnologia-que-apoya-cada-estrategia/>
- Rivera, A. (2017). Diagnóstico de la cadena de suministro empleando el modelo SCOR para una empresa comercializadora de repuestos de motos en Latinoamérica [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/299322721.pdf>
- Romero, H., & Romero, S. (2010). Pronóstico de la demanda.  
[http://allman.rhon.itam.mx/~oromero/Notas3\\_Pronostico\\_e\\_Inventarios\\_Diplomado\\_Plan\\_y\\_Dir\\_Ope.pdf](http://allman.rhon.itam.mx/~oromero/Notas3_Pronostico_e_Inventarios_Diplomado_Plan_y_Dir_Ope.pdf)
- Sanders, N. & Manrodt, K. (1994). Forecasting Practices in US Corporations: Survey Results. 92-100.
- Schroeder, R., Meyer, S., & Rungtusanatham, J. (2011). Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos (5.a ed.). McGraw-Hill. [https://intercovamex.com/wp-content/uploads/2019/06/Administracion\\_de\\_operaciones-1.pdf](https://intercovamex.com/wp-content/uploads/2019/06/Administracion_de_operaciones-1.pdf)
- Sejzer, R. (2016, octubre 14). La Matriz de Pugh para la toma de decisiones.

- <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html#:~:text=La%20Matriz%20de%20Pugh%20es,una%20actualización%20de%20un o%20existente.>
- Shih, W. (2020, septiembre). Las cadenas mundiales de suministro en un mundo post-pandémico. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2020/09/global-supply-chains-in-a-post-pandemic-world?language=es>
- Significados.com. (s. f.). Software. Recuperado 27 de noviembre de 2020, de <https://www.significados.com/software/>
- Silver, E., & Pyke, D. (1998). Inventory Management and Production Scheduling. John Wiley and Sons. [https://www.researchgate.net/publication/229124356\\_Inventory\\_Management\\_and\\_Production\\_Scheduling](https://www.researchgate.net/publication/229124356_Inventory_Management_and_Production_Scheduling)
- Soporte de Minitab. (2019). Interpretar todos los estadísticos y gráficas para Promedio móvil. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/how-to/moving-average/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>
- Tamayo, J. (2017). Diseño de una herramienta de pronóstico de demanda para Mipyme del sector cuero, calzado y marroquinería de Cali. Universidad Autónoma de Occidente.
- Universidad Nacional del Callao. (s. f.). Capítulo 6: Desviación estándar.
- Urrutia, M.; Barrios, S.; Gutierrez, M. & Mayorga, M. (2013). Métodos óptimos para determinar validez de contenido. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412014000300014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412014000300014)
- Valencia, M., Osorno, V., & Salazar, J. (2017). COMPARATIVO DE MODELOS DE PRONÓSTICO: CLÁSICOS, BAYESIANOS Y TÉCNICAS DE COMBINACIÓN. 6,

124-140.

- Vermorel, J. (2013, junio). PRECISIÓN DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA. LOKAD Quantitative Supply Chain. <https://www.lokad.com/es/definicion-precision-de-pronostico>
- Vidal, C. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios (1.a ed.).
- Wigodski, J. (2010, julio 14). Metodología de la Investigación. <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>
- Wilson, E. (2020, agosto 27). THIS IS WHAT MODERN S&OP LOOKS LIKE. <https://demand-planning.com/2020/08/27/this-is-what-modern-sop-looks-like/>
- Yacuzzi, E. & Pagui, G. (s. f.). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO DE VENTAS EN WHIRLPOOL ARGENTINA. Whirlpool Argentina.
- Yenradee, P.; Pinnoi, A. & Charoenthavornying, A. (2001). Demand Forecasting and Production Planning for Highly Seasonal Demand Situations: Case Study of a Pressure Container Factory. 271-278.
- Zizza, R. (2002). FORECASTING THE INDUSTRIAL PRODUCTION INDEX FOR THE EUROAREA THROUGH FORECASTS FOR THE MAIN COUNTRIES. Banca D'Italia. [https://www.researchgate.net/publication/4984567\\_Forecasting\\_the\\_industrial\\_production\\_index\\_for\\_the\\_euro\\_area\\_through\\_forecasts\\_for\\_the\\_main\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/4984567_Forecasting_the_industrial_production_index_for_the_euro_area_through_forecasts_for_the_main_countries)

## ANEXOS

### ANEXO 1. TABLA DE VOLUMEN POR CATEGORÍA DE EXPORTACIÓN

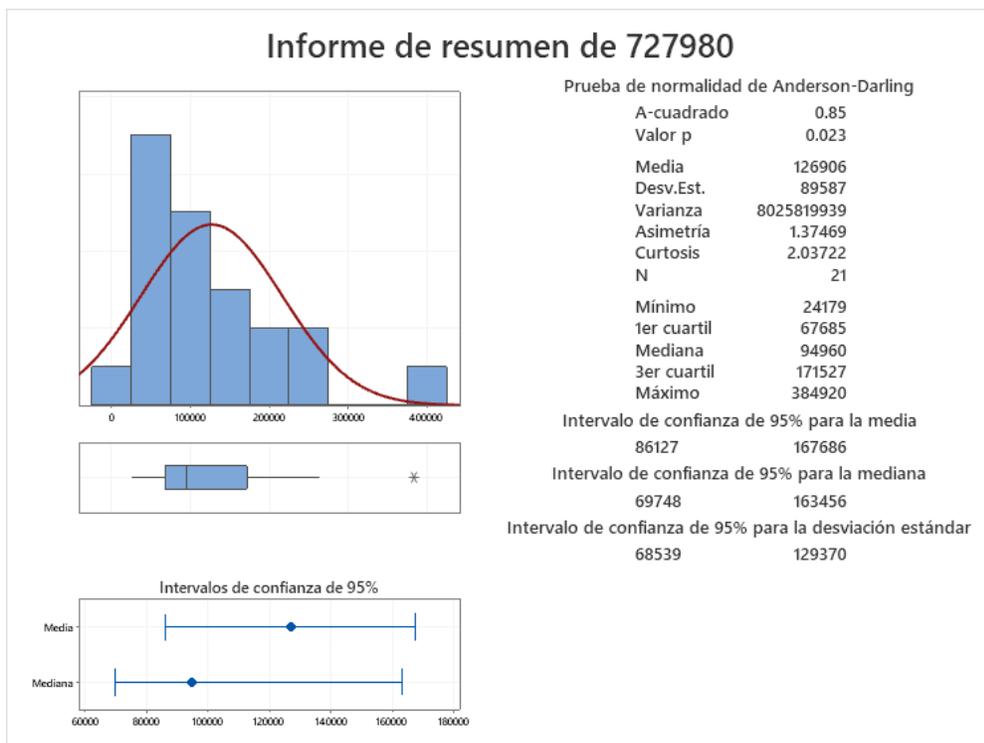
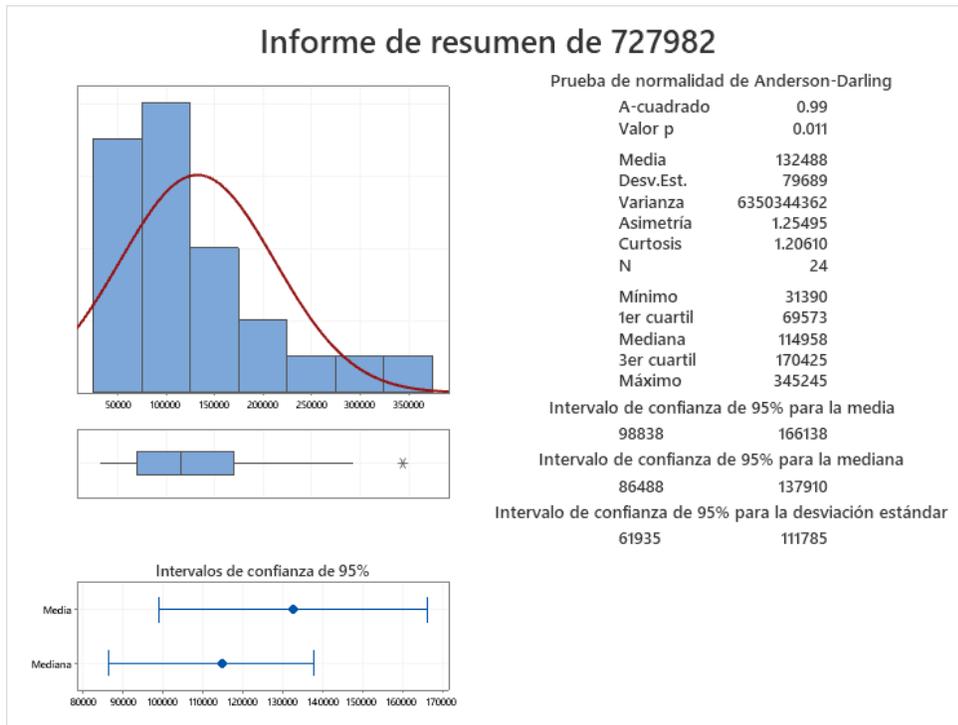
CATEGORIA	2018 Histórico	2019 Histórico	2020 Histórico	2021 Proyección	TOTAL HISTÓRICO	TOTAL	% EXPORTACIÓN DE HISTÓRICO
Clase A	7,093	10,130	7,448	10,900	24,671	28,478	53%
Clase B	1,171	1,549	1,344	1,875	4,064	4,768	9%
Clase C	949	1,213	923	1,163	3,085	3,300	7%
Clase D	-	362	1,402	1,485	1,764	3,249	4%
Clase F	1,306	936	1,165	768	3,408	2,869	7%
Clase G	2,100	579	642	1,310	3,320	2,530	7%
Clase H	2,216	758	347	817	3,322	1,922	7%
Clase I	1,569	1,492	76	122	3,136	1,689	7%
Clase J	-	42	56	287	98	384	0%
<b>Grand Total</b>	<b>16,404</b>	<b>17,061</b>	<b>13,402</b>	<b>18,727</b>	<b>46,867</b>	<b>49,190</b>	<b>100%</b>

## ANEXO 2. MATRIZ ABC

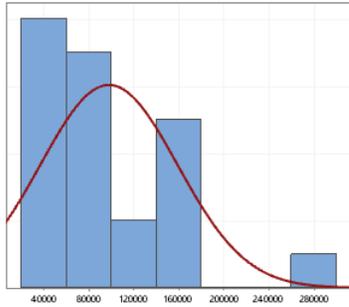
La Matriz ABC original contiene 2475 ítems por lo que por efectos de espacio se detalla solo la categoría A.

TODOS LOS PROGRAMAS CLASE A: MATRIZ ABC											
		AÑO Values									
		2018		2018		2019		2019		2019	
FINAL #	SKU	PCS	\$	%	PCS	\$	%	Total PCS	Total \$	Total %	ABC
A	727980	1,475,013	\$8,711,991	20%	1,190,014	\$7,028,678	12%	2,665,027	\$15,740,670	15%	
A	727982	1,179,552	\$5,833,634	13%	2,000,161	\$9,892,067	16%	3,179,713	\$15,725,702	15%	
A	AQ3210	1,070,641	\$4,323,590	10%	1,186,474	\$4,791,361	8%	2,257,115	\$9,114,951	9%	
A	718833	453,029	\$2,306,761	5%	917,682	\$4,672,711	8%	1,370,711	\$6,979,472	7%	
A	AR5307	433,832	\$1,983,589	5%	1,067,144	\$4,879,251	8%	1,500,976	\$6,862,840	7%	
A	AO4962	412,449	\$2,474,694	6%	20,076	\$120,456	0%	432,525	\$2,595,150	2%	
A	00037031X	394,971	\$2,172,341	5%	7,186	\$39,523	0%	402,157	\$2,211,864	2%	
A	CI0818	272,442	\$1,794,203	4%	14,391	\$102,896	0%	286,833	\$1,897,099	2%	
A	718837	145,365	\$864,667	2%	157,817	\$938,734	2%	303,182	\$1,803,401	2%	
A	718839	200,403	\$1,033,550	2%	140,655	\$725,408	1%	341,058	\$1,758,959	2%	
A	840178	44,883	\$197,289	0%	288,914	\$1,269,961	2%	333,797	\$1,467,251	1%	
A	BV7940			0%	135,139	\$810,834	1%	135,139	\$810,834	1%	
A	923500	45,910	\$275,460	1%	80,470	\$482,820	1%	126,380	\$758,280	1%	
A	840177	22,868	\$117,181	0%	117,108	\$600,087	1%	139,976	\$717,268	1%	
A	812863	73,634	\$441,804	1%	38,966	\$233,796	0%	112,600	\$675,600	1%	
A	AH9223	43,775	\$262,650	1%	65,709	\$394,254	1%	109,484	\$656,904	1%	
A	CD0931	100,564	\$569,247	1%	12,320	\$67,760	0%	112,884	\$637,007	1%	
A	CU7599			0%	117,241	\$574,251	1%	117,241	\$574,251	1%	
A	AR5313			0%	110,762	\$573,747	1%	110,762	\$573,747	1%	
A	35455X	98,271	\$540,491	1%			0%	98,271	\$540,491	1%	
A	BQ1907			0%	84,145	\$504,870	1%	84,145	\$504,870	0%	
A	923500	87,940	\$491,884	1%			0%	87,940	\$491,884	0%	
A	CT2913			0%	116,238	\$475,629	1%	116,238	\$475,629	0%	
A	35688X	81,632	\$448,976	1%			0%	81,632	\$448,976	0%	
A	848952	22,948	\$100,754	0%	77,439	\$340,000	1%	100,387	\$440,754	0%	
A	AR5039	9,850	\$42,999	0%	90,563	\$395,344	1%	100,413	\$438,343	0%	
A	CU7545			0%	75,372	\$428,318	1%	75,372	\$428,318	0%	
A	XC2001	75,589	\$415,740	1%			0%	75,589	\$415,740	0%	
A	BQ3340			0%	68,377	\$410,262	1%	68,377	\$410,262	0%	A= 80%
A	AR5323	32,978	\$197,868	0%	29,585	\$177,510	0%	62,563	\$375,378	0%	
A	35983X	66,109	\$363,600	1%			0%	66,109	\$363,600	0%	
A	BQ9768			0%	48,927	\$362,402	1%	48,927	\$362,402	0%	
A	892569	59,017	\$324,594	1%			0%	59,017	\$324,594	0%	
A	BQ9766			0%	56,264	\$309,386	1%	56,264	\$309,386	0%	
A	727981	16,757	\$72,879	0%	50,277	\$218,664	0%	67,034	\$291,543	0%	
A	AJ7724	52,188	\$287,034	1%			0%	52,188	\$287,034	0%	
A	894286	49,929	\$274,610	1%			0%	49,929	\$274,610	0%	
A	CD2069			0%	37,012	\$262,785	0%	37,012	\$262,785	0%	
A	34482X	45,362	\$249,491	1%			0%	45,362	\$249,491	0%	
A	AR5087			0%	41,295	\$247,770	0%	41,295	\$247,770	0%	
A	BQ1909			0%	39,442	\$236,652	0%	39,442	\$236,652	0%	
A	35984X	41,880	\$230,340	1%			0%	41,880	\$230,340	0%	
A	BV7934			0%	38,174	\$229,044	0%	38,174	\$229,044	0%	
A	36480X	38,069	\$209,380	0%			0%	38,069	\$209,380	0%	
A	CI7357			0%	34,753	\$208,518	0%	34,753	\$208,518	0%	
A	BQ5606			0%	34,535	\$207,210	0%	34,535	\$207,210	0%	
A	AO7657			0%	37,561	\$206,586	0%	37,561	\$206,586	0%	
A	38025X			0%	34,335	\$206,010	0%	34,335	\$206,010	0%	
A	813158	32,982	\$181,401	0%			0%	32,982	\$181,401	0%	
A	718835	24,175	\$104,920	0%	16,806	\$72,938	0%	40,981	\$177,858	0%	
A	AR2384	10,845	\$65,070	0%	18,092	\$108,552	0%	28,937	\$173,622	0%	
A	35985X	30,768	\$169,224	0%			0%	30,768	\$169,224	0%	
A	BQ7307			0%	30,650	\$168,575	0%	30,650	\$168,575	0%	
A	890194	30,399	\$167,195	0%			0%	30,399	\$167,195	0%	
A	913157	29,199	\$160,595	0%			0%	29,199	\$160,595	0%	
A	BQ9765			0%	28,624	\$157,432	0%	28,624	\$157,432	0%	
A	CJ2582			0%	28,527	\$157,393	0%	28,527	\$157,393	0%	
B		707,593	\$3,961,514	9%	1,888,015	\$11,113,361	19%	2,595,608	\$15,074,875	15%	B=15%
C		278,445	\$1,534,351	3%	792,698	\$4,570,664	8%	1,071,143	\$6,105,015	6%	C=5%
Grand Total		8,292,256	\$43,957,557	100%	11,465,935	\$59,974,469	100%	19,758,191	\$103,932,026	100%	

## ANEXO 3. DESVIACIÓN ESTÁNDAR. ÍTEMS CON DEMANDA PERPETUA O ESTACIONARIA



## Informe de resumen de AQ3210



### Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0.87
Valor p	0.022
Media	98135
Desv.Est.	60921
Varianza	3711310019
Asimetría	1.24488
Curtosis	1.81360
N	23
Mínimo	29097
1er cuartil	51441
Mediana	82153
3er cuartil	142972
Máximo	278072

### Intervalo de confianza de 95% para la media

71791 124479

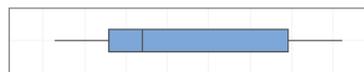
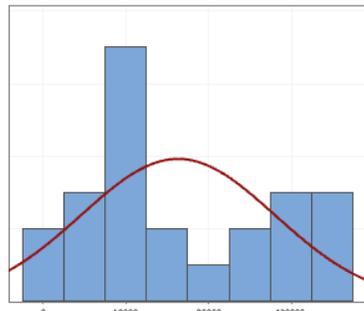
### Intervalo de confianza de 95% para la mediana

55355 139221

### Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

47116 86224

## Informe de resumen de AR5307



### Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0.73
Valor p	0.049
Media	65260
Desv.Est.	46845
Varianza	2194478878
Asimetría	0.40611
Curtosis	-1.27545
N	23
Mínimo	5226
1er cuartil	31825
Mediana	47944
3er cuartil	118264
Máximo	144911

### Intervalo de confianza de 95% para la media

45002 85517

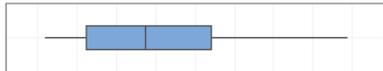
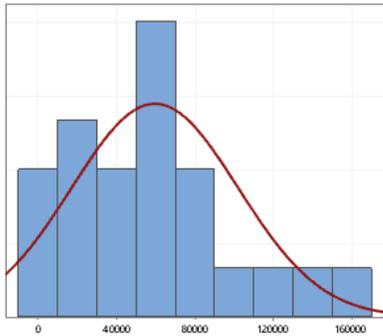
### Intervalo de confianza de 95% para la mediana

32753 96037

### Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

36230 66303

## Informe de resumen de 718833



### Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0.47
Valor p	0.223
Media	59596
Desv.Est.	42419
Varianza	1799329454
Asimetría	0.842059
Curtosis	0.227354
N	23

Mínimo	3072
1er cuartil	24573
Mediana	54700
3er cuartil	88283
Máximo	157880

### Intervalo de confianza de 95% para la media

41253	77939
-------	-------

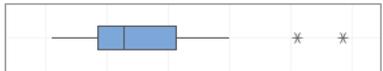
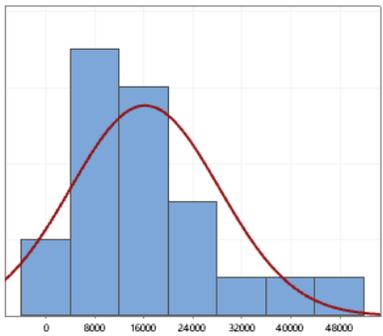
### Intervalo de confianza de 95% para la mediana

30360	71639
-------	-------

### Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

32806	60037
-------	-------

## Informe de resumen de 718839



### Prueba de normalidad de Anderson-Darling

A-cuadrado	0.88
Valor p	0.019
Media	16241
Desv.Est.	12158
Varianza	147818930
Asimetría	1.34317
Curtosis	1.74380
N	21

Mínimo	924
1er cuartil	8604
Mediana	12884
3er cuartil	21383
Máximo	48750

### Intervalo de confianza de 95% para la media

10707	21775
-------	-------

### Intervalo de confianza de 95% para la mediana

9604	18664
------	-------

### Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar

9302	17557
------	-------

## ANEXO 4. MACRO TABLA

### MAD, ECM, MAPE DE LOS ESTILOS EN ESTUDIO DE FORMA MENSUAL

CATEGORIA SKU				A1 727982						A1 727980					
AÑO	ESTACION	TEMPO RADA	AÑO-MES	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
2018	SU	SU19	2018-01	54,649	135,696	(81,047)	81,047	6.57E+09	148%		60,493	(60,493)	60,493	3.66E+09	
2018	SU	SU19	2018-02	67,773	117,629	(49,856)	49,856	2.49E+09	74%		101,511	(101,511)	101,511	1.03E+10	
2018	SU	SU19	2018-03	89,161	199,405	(110,244)	110,244	1.22E+10	124%		53,066	(53,066)	53,066	2.82E+09	
2018	FW	FW19	2018-04	195,693	113,869	81,824	81,824	6.70E+09	42%	69,621	40,964	28,657	28,657	8.21E+08	41%
2018	FW	FW19	2018-05	59,652	213,146	(153,494)	153,494	2.36E+10	257%	85,987	74,081	11,906	11,906	1.42E+08	14%
2018	FW	FW19	2018-06	68,186	442,900	(374,714)	374,714	1.40E+11	550%	164,915	159,602	5,313	5,313	2.82E+07	3%
2018	HO	HO19	2018-07	133,448	186,714	(53,266)	53,266	2.84E+09	40%	213,817	149,865	63,952	63,952	4.09E+09	30%
2018	HO	HO19	2018-08	31,390	254,515	(223,125)	223,125	4.98E+10	711%	228,213	212,997	15,216	15,216	1.35E+08	7%
2018	HO	HO19	2018-09	119,605	113,679	5,926	5,926	3.51E+07	5%	158,425	132,855	25,570	25,570	6.54E+08	16%
2018	SP	SP20	2018-10	126,371	48,952	77,419	77,419	5.99E+09	61%	384,920	142,382	242,538	242,538	5.88E+10	63%
2018	SP	SP20	2018-11	120,887	48,443	72,445	72,445	5.25E+09	60%	96,073	29,725	66,348	66,348	4.40E+09	69%
2018	SP	SP20	2018-12	112,737	75,971	36,766	36,766	1.35E+09	33%	73,042	34,852	38,190	38,190	1.46E+09	52%
2019	SU	SU20	2019-01	50,837	128,129	(77,292)	77,292	5.97E+09	152%	69,809	20,486	49,323	49,323	2.43E+09	71%
2019	SU	SU20	2019-02	214,734	175,458	39,276	39,276	1.54E+09	18%	54,117	28,328	25,789	25,789	6.65E+08	48%
2019	SU	SU20	2019-03	174,166	146,831	27,335	27,335	7.47E+08	16%	35,597	46,165	(10,568)	10,568	1.12E+08	30%
2019	FW	FW20	2019-04	259,187	201,555	57,632	57,632	3.32E+09	22%	39,157	24,982	14,175	14,175	2.01E+08	36%
2019	FW	FW20	2019-05	115,242	405,684	(290,442)	290,442	8.44E+10	252%	82,925	119,710	(36,785)	36,785	1.35E+09	44%
2019	FW	FW20	2019-06	345,245	222,147	123,098	123,098	1.52E+10	36%	65,749	91,357	(25,608)	25,608	6.56E+08	39%
2019	HO	HO20	2019-07	293,689	187,778	105,911	105,911	1.12E+10	36%	178,138	70,841	107,297	107,297	1.15E+10	60%
2019	HO	HO20	2019-08	114,674	186,235	(71,561)	71,561	5.12E+09	62%	94,960	109,416	(14,456)	14,456	2.09E+08	15%
2019	HO	HO20	2019-09	73,733	105,095	(31,362)	31,362	9.84E+08	43%	162,748	106,511	56,237	56,237	3.16E+09	35%
2019	SP	SP21	2019-10	91,077	70,544	20,533	20,533	4.22E+08	23%	264,911	46,026	218,885	218,885	4.79E+10	83%
2019	SP	SP21	2019-11	159,203	80,519	78,684	78,684	6.19E+09	49%	117,724	26,937	90,787	90,787	8.24E+09	77%
2019	SP	SP21	2019-12	108,374	48,664	59,710	59,710	3.57E+09	55%	24,179	39,112	(14,933)	14,933	2.23E+08	62%
2018	TOTAL 2018			1,179,552	1,950,918	(771,366)	1,320,124	2.57E+11	2104%	1,475,013	1,192,393	282,620	712,760	8.74E+10	295%
2019	TOTAL 2019			2,000,161	1,958,639	41,522	982,836	1.39E+11	764%	1,190,014	729,870	460,144	664,843	7.67E+10	599%
2018-2019	TOTAL 2018-2019			3,179,713	3,909,557	(729,844)	2,302,960	3.96E+11	2868%	2,665,027	1,922,263	742,764	1,377,603	1.64E+11	894%
2018	SU19			211,583	452,730	(241,147)	241,147	2.12E+10	346%	-	215,070	(215,070)	215,070	1.68E+10	0%
2018	FW19			323,531	769,915	(446,384)	610,032	1.71E+11	849%	320,523	274,647	45,876	45,876	9.91E+08	58%
2018	HO19			284,443	554,908	(270,465)	282,317	5.27E+10	756%	600,455	495,717	104,738	104,738	4.98E+09	53%
2018	SP20			359,995	173,366	186,629	186,629	1.26E+10	154%	554,035	206,959	347,076	347,076	6.47E+10	184%
2019	SU20			439,737	450,418	(10,681)	143,903	8.26E+09	186%	159,523	94,979	64,544	64,544	3.21E+09	148%
2019	FW20			719,674	829,386	(109,712)	471,172	1.03E+11	310%	187,831	236,049	(48,218)	76,568	2.21E+09	120%
2019	HO20			482,096	479,108	2,988	208,834	1.73E+10	141%	435,846	286,768	149,078	177,989	1.49E+10	110%
2019	SP21			358,654	199,727	158,927	158,927	1.02E+10	127%	406,814	112,074	294,740	324,606	5.64E+10	222%
2018-2019	SU			651,320	903,148	(251,828)	385,050	2.95E+10	532%	159,523	310,049	(150,526)	300,750	2.00E+10	148%
2018-2019	FW			1,043,205	1,599,301	(556,096)	1,081,204	2.73E+11	1159%	508,354	510,696	(2,342)	122,444	3.20E+09	178%
2018-2019	HO			766,539	1,034,016	(267,477)	491,151	7.00E+10	897%	1,036,301	782,485	253,816	282,727	1.99E+10	163%
2018-2019	SP			718,649	373,093	345,556	345,556	2.28E+10	281%	960,849	319,033	641,816	671,682	1.21E+11	406%
2019 H1				1,159,411	1,279,804	(120,393)	615,075	1.11E+11	496%	347,354	331,028	16,326	162,248	5.42E+09	268%
2019 H2				840,750	678,835	161,915	367,761	2.75E+10	268%	842,660	398,842	443,818	502,595	7.13E+10	332%

CATEGORIA SKU				A1 AQ3210						A2 AR5307					
AÑO	ESTACION	TEMPORADA	AÑO-MES	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
2018	SU	SU19	2018-01	155,398	44,217	111,181	111,181	1.24E+10	72%	98,808	5,097	93,711	93,711	8.78E+09	95%
2018	SU	SU19	2018-02	139,359	143,455	(4,096)	4,096	1.68E+07	3%	39,494	62,982	(23,488)	23,488	5.52E+08	59%
2018	SU	SU19	2018-03	47,528	167,007	(119,479)	119,479	1.43E+10	251%	32,636	78,612	(45,976)	45,976	2.11E+09	141%
2018	FW	FW19	2018-04	34,334	111,685	(77,351)	77,351	5.98E+09	225%	32,898	84,260	(51,362)	51,362	2.64E+09	156%
2018	FW	FW19	2018-05		79,789	(79,789)	79,789	6.37E+09			75,657	(75,657)	75,657	5.72E+09	
2018	FW	FW19	2018-06	34,602	105,655	(71,053)	71,053	5.05E+09	205%	6,840	93,495	(86,655)	86,655	7.51E+09	1267%
2018	HO	HO19	2018-07	82,153	67,680	14,473	14,473	2.09E+08	18%	47,236	73,978	(26,742)	26,742	7.15E+08	57%
2018	HO	HO19	2018-08	66,898	74,505	(7,607)	7,607	5.79E+07	11%	130,506	115,463	15,043	15,043	2.26E+08	12%
2018	HO	HO19	2018-09	142,972	56,690	86,282	86,282	7.44E+09	60%	13,155	101,030	(87,875)	87,875	7.72E+09	668%
2018	SP	SP20	2018-10	45,571	57,227	(11,656)	11,656	1.36E+08	26%	14,134	52,888	(38,754)	38,754	1.50E+09	274%
2018	SP	SP20	2018-11	149,837	161,294	(11,457)	11,457	1.31E+08	8%	12,899	18,190	(5,291)	5,291	2.80E+07	41%
2018	SP	SP20	2018-12	171,989	112,476	59,513	59,513	3.54E+09	35%	5,226	30,429	(25,203)	25,203	6.35E+08	482%
2019	SU	SU20	2019-01	51,441	40,100	11,341	11,341	1.29E+08	22%	73,615	153,760	(80,145)	80,145	6.42E+09	109%
2019	SU	SU20	2019-02	168,804	204,004	(35,200)	35,200	1.24E+09	21%	144,911	130,708	14,203	14,203	2.02E+08	10%
2019	SU	SU20	2019-03	99,711	146,272	(46,561)	46,561	2.17E+09	47%	125,817	94,972	30,845	30,845	9.51E+08	25%
2019	FW	FW20	2019-04	53,176	49,929	3,247	3,247	1.05E+07	6%	38,171	156,039	(117,868)	117,868	1.39E+10	309%
2019	FW	FW20	2019-05	73,961	65,032	8,929	8,929	7.97E+07	12%	141,586	259,756	(118,170)	118,170	1.40E+10	83%
2019	FW	FW20	2019-06	58,042	76,654	(18,612)	18,612	3.46E+08	32%	47,944	172,040	(124,096)	124,096	1.54E+10	259%
2019	HO	HO20	2019-07	86,545	37,076	49,469	49,469	2.45E+09	57%	31,825	86,632	(54,807)	54,807	3.00E+09	172%
2019	HO	HO20	2019-08	139,050	46,193	92,857	92,857	8.62E+09	67%	120,591	68,728	51,863	51,863	2.69E+09	43%
2019	HO	HO20	2019-09	88,267	90,461	(2,194)	2,194	4.81E+06	2%	69,731	84,057	(14,326)	14,326	2.05E+08	21%
2019	SP	SP21	2019-10	29,097	34,592	(5,495)	5,495	3.02E+07	19%	92,621	30,718	61,903	61,903	3.83E+09	67%
2019	SP	SP21	2019-11	60,308	101,323	(41,015)	41,015	1.68E+09	68%	118,264	52,008	66,256	66,256	4.39E+09	56%
2019	SP	SP21	2019-12	278,072	144,756	133,316	133,316	1.78E+10	48%	62,068	67,804	(5,736)	5,736	3.29E+07	9%
2018	TOTAL 2018			1,070,641	1,181,680	(111,039)	653,937	5.56E+10	914%	433,832	792,081	(358,249)	575,757	3.81E+10	3252%
2019	TOTAL 2019			1,186,474	1,036,392	150,082	448,236	3.45E+10	401%	1,067,144	1,357,222	(290,078)	740,218	6.50E+10	1162%
2018-2019	TOTAL 2018-2019			2,257,115	2,218,072	39,043	1,102,173	9.01E+10	1315%	1,500,976	2,149,303	(648,327)	1,315,975	1.03E+11	4414%
2018	SU19			342,285	354,679	(12,394)	234,756	2.67E+10	326%	170,938	146,691	24,247	163,175	1.14E+10	295%
2018	FW19			68,936	297,129	(228,193)	228,193	1.74E+10	431%	39,738	253,412	(213,674)	213,674	1.59E+10	1423%
2018	HO19			292,023	198,875	93,148	108,362	7.71E+09	89%	190,897	290,472	(99,575)	129,660	8.66E+09	736%
2018	SP20			367,397	330,997	36,400	82,626	3.81E+09	68%	32,259	101,507	(69,248)	69,248	2.17E+09	797%
2019	SU20			319,956	390,376	(70,420)	93,102	3.54E+09	90%	344,343	379,440	(35,097)	125,193	7.58E+09	143%
2019	FW20			185,179	191,615	(6,436)	30,788	4.37E+08	50%	227,701	587,835	(360,134)	360,134	4.33E+10	651%
2019	HO20			313,862	173,730	140,132	144,520	1.11E+10	126%	222,147	239,417	(17,270)	120,996	5.90E+09	236%
2019	SP21			367,477	280,671	86,806	179,826	1.95E+10	135%	272,953	150,530	122,423	133,895	8.25E+09	132%
2018-2019	SU			662,241	745,055	(82,814)	327,858	3.02E+10	415%	515,281	526,131	(10,850)	288,368	1.90E+10	438%
2018-2019	FW			254,115	488,744	(234,629)	258,981	1.78E+10	481%	267,439	841,247	(573,808)	573,808	5.91E+10	2074%
2018-2019	HO			605,885	372,605	233,280	252,882	1.88E+10	216%	413,044	529,889	(116,845)	250,656	1.46E+10	972%
2018-2019	SP			734,874	611,668	123,206	262,452	2.33E+10	203%	305,212	252,037	53,175	203,143	1.04E+10	930%
2019 H1				505,135	581,991	(76,856)	123,890	3.97E+09	140%	572,044	967,275	(395,231)	485,327	5.08E+10	794%
2019 H2				681,339	454,401	226,938	324,346	3.06E+10	261%	495,100	389,947	105,153	254,891	1.42E+10	368%

CATEGORIA SKU				A1 718833					A1 718839						
AÑO	ESTACION	TEMPORADA	AÑO-MES	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
2018	SU	SU19	2018-01	59,786	61,659	(1,873)	1,873	3.51E+06	3%	13,609	13,369	240	240	5.76E+04	2%
2018	SU	SU19	2018-02	24,161	6	24,155	24,155	5.83E+08	100%	48,750	9,593	39,157	39,157	1.53E+09	80%
2018	SU	SU19	2018-03	24,573	-	24,573	24,573	6.04E+08	100%	41,280	16,363	24,917	24,917	6.21E+08	60%
2018	FW	FW19	2018-04	8,240	-	8,240	8,240	6.79E+07	100%	21,192	10,367	10,825	10,825	1.17E+08	51%
2018	FW	FW19	2018-05	-	-	-	-	0.00E+00	-	1,287	19,225	(17,938)	17,938	3.22E+08	1394%
2018	FW	FW19	2018-06	3,072	-	3,072	3,072	9.44E+06	100%	14,889	13,601	1,288	1,288	1.66E+06	9%
2018	HO	HO19	2018-07	17,936	59,815	(41,879)	41,879	1.75E+09	233%	10,596	7,079	3,517	3,517	1.24E+07	33%
2018	HO	HO19	2018-08	45,370	-	45,370	45,370	2.06E+09	100%	12,014	7,614	4,400	4,400	1.94E+07	37%
2018	HO	HO19	2018-09	61,915	-	61,915	61,915	3.83E+09	100%	7,694	5,708	1,986	1,986	3.95E+06	26%
2018	SP	SP20	2018-10	51,978	118,300	(66,322)	66,322	4.40E+09	128%	7,788	5,045	2,743	2,743	7.52E+06	35%
2018	SP	SP20	2018-11	9,205	-	9,205	9,205	8.47E+07	100%	11,611	11,282	329	329	1.08E+05	3%
2018	SP	SP20	2018-12	146,793	-	146,793	146,793	2.15E+10	100%	9,693	11,842	(2,149)	2,149	4.62E+06	22%
2019	SU	SU20	2019-01	54,700	45,506	9,194	9,194	8.45E+07	17%	5,042	24,333	(19,291)	19,291	3.72E+08	383%
2019	SU	SU20	2019-02	60,792	107,896	(47,104)	47,104	2.22E+09	77%	12,884	39,136	(26,252)	26,252	6.89E+08	204%
2019	SU	SU20	2019-03	88,283	65,537	22,746	22,746	5.17E+08	26%	9,420	41,668	(32,248)	32,248	1.04E+09	342%
2019	FW	FW20	2019-04	64,627	48,626	16,001	16,001	2.56E+08	25%	17,439	25,926	(8,487)	8,487	7.20E+07	49%
2019	FW	FW20	2019-05	77,328	129,598	(52,270)	52,270	2.73E+09	68%	30,084	-	30,084	30,084	9.05E+08	100%
2019	FW	FW20	2019-06	89,110	113,602	(24,492)	24,492	6.00E+08	27%	16,193	-	16,193	16,193	2.62E+08	100%
2019	HO	HO20	2019-07	41,440	77,150	(35,710)	35,710	1.28E+09	86%	27,096	-	27,096	27,096	7.34E+08	100%
2019	HO	HO20	2019-08	118,253	142,957	(24,704)	24,704	6.10E+08	21%	924	1,645	(721)	721	5.20E+05	78%
2019	HO	HO20	2019-09	26,652	108,493	(81,841)	81,841	6.70E+09	307%	14,949	(14,949)	14,949	14,949	2.23E+08	-
2019	SP	SP21	2019-10	34,932	132,482	(97,550)	97,550	9.52E+09	279%	4,669	4,669	(4,669)	4,669	2.18E+07	-
2019	SP	SP21	2019-11	157,880	134,789	23,091	23,091	5.33E+08	15%	21,573	12,892	8,681	8,681	7.54E+07	40%
2019	SP	SP21	2019-12	103,685	121,388	(17,703)	17,703	3.13E+08	17%	15,492	15,492	(15,492)	15,492	2.40E+08	-
2018	TOTAL 2018			453,029	239,780	213,249	433,397	3.49E+10	1164%	200,403	131,089	69,314	109,489	2.64E+09	1752%
2019	TOTAL 2019			917,682	1,228,024	(310,342)	452,406	2.54E+10	965%	140,655	180,710	(40,055)	204,163	4.64E+09	1396%
2018-2019	TOTAL 2018-2019			1,370,711	1,467,804	(97,093)	885,803	6.03E+10	2129%	341,058	311,799	29,259	313,652	7.28E+09	3147%
2018	SU19			108,520	61,665	46,855	50,601	1.19E+09	203%	103,639	39,325	64,314	64,314	2.15E+09	142%
2018	FW19			11,312	-	11,312	11,312	7.73E+07	200%	37,368	43,193	(5,825)	30,051	4.41E+08	1454%
2018	HO19			125,221	59,815	65,406	149,164	7.65E+09	433%	30,304	20,401	9,903	9,903	3.57E+07	96%
2018	SP20			207,976	118,300	89,676	222,320	2.60E+10	328%	29,092	28,170	922	5,221	1.22E+07	60%
2019	SU20			203,775	218,939	(15,164)	79,044	2.82E+09	120%	27,346	105,137	(77,791)	77,791	2.10E+09	929%
2019	FW20			231,065	291,826	(60,761)	92,763	3.59E+09	120%	63,716	25,926	37,790	54,764	1.24E+09	249%
2019	HO20			186,345	328,600	(142,255)	142,255	8.58E+09	414%	28,020	16,594	11,426	42,766	9.58E+08	178%
2019	SP21			296,497	388,659	(92,162)	138,344	1.04E+10	311%	21,573	33,053	(11,480)	28,842	3.37E+08	40%
2018-2019	SU			312,295	280,604	31,691	129,645	4.01E+09	323%	130,985	144,462	(13,477)	142,105	4.26E+09	1071%
2018-2019	FW			242,377	291,826	(49,449)	104,075	3.67E+09	320%	101,084	69,119	31,965	84,815	1.68E+09	1702%
2018-2019	HO			311,566	388,415	(76,849)	291,419	1.62E+10	848%	58,324	36,995	21,329	52,669	9.94E+08	274%
2018-2019	SP			504,473	506,959	(2,486)	360,664	3.64E+10	639%	50,665	61,223	(10,558)	34,063	3.49E+08	100%
2019 H1				434,840	510,765	(75,925)	171,807	6.41E+09	240%	91,062	131,063	(40,001)	132,555	3.34E+09	1177%
2019 H2				482,842	717,259	(234,417)	280,599	1.89E+10	725%	49,593	49,647	(54)	71,608	1.30E+09	218%

CATEGORIA SKU				TOTAL A1						TOTAL A2						TOTAL CLASE A					
AÑO	ESTACION	TEMPORADA	AÑO-MES	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)	DEMANDA	PRONÓSTICO	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
2018	SU	SU19	2018-01	283,442	315,434	(31,992)	31,992	1.02E+09	11%	98,808	5,097	93,711	93,711	8.78E+09	95%	382,250	320,531	61,719	61,719	3.81E+09	16%
2018	SU	SU19	2018-02	280,043	387,602	(107,559)	107,559	1.16E+10	38%	39,494	62,982	(23,488)	23,488	5.52E+08	59%	319,537	450,584	(131,047)	131,047	1.72E+10	41%
2018	SU	SU19	2018-03	203,372	435,841	(232,469)	232,469	5.40E+10	114%	32,636	78,612	(45,976)	45,976	2.11E+09	141%	236,008	514,452	(278,444)	278,444	7.75E+10	118%
2018	FW	FW19	2018-04	329,080	284,967	44,113	44,113	1.95E+09	13%	32,898	84,260	(51,362)	51,362	2.64E+09	156%	361,978	369,227	(7,249)	7,249	5.25E+07	2%
2018	FW	FW19	2018-05	146,926	425,713	(278,787)	278,787	7.77E+10	190%	-	75,657	(75,657)	75,657	5.72E+09		146,926	501,370	(354,444)	354,444	1.26E+11	241%
2018	FW	FW19	2018-06	285,664	755,952	(470,288)	470,288	2.21E+11	165%	6,840	93,495	(86,655)	86,655	7.51E+09	1267%	292,504	849,447	(556,943)	556,943	3.10E+11	190%
2018	HO	HO19	2018-07	458,393	492,285	(33,892)	33,892	1.15E+09	7%	47,236	73,978	(26,742)	26,742	7.15E+08	57%	505,629	566,263	(60,634)	60,634	3.68E+09	12%
2018	HO	HO19	2018-08	439,198	606,920	(167,722)	167,722	2.81E+10	38%	130,506	115,463	15,043	15,043	2.26E+08	12%	569,704	722,383	(152,679)	152,679	2.33E+10	27%
2018	HO	HO19	2018-09	549,105	367,081	182,024	182,024	3.31E+10	33%	13,155	101,030	(87,875)	87,875	7.72E+09	668%	562,260	468,111	94,149	94,149	8.86E+09	17%
2018	SP	SP20	2018-10	631,388	391,181	240,207	240,207	5.77E+10	38%	14,134	52,888	(38,754)	38,754	1.50E+09	274%	645,522	444,069	201,453	201,453	4.06E+10	31%
2018	SP	SP20	2018-11	391,789	284,026	107,763	107,763	1.16E+10	28%	12,899	18,190	(5,291)	5,291	2.80E+07	41%	404,688	302,216	102,472	102,472	1.05E+10	25%
2018	SP	SP20	2018-12	525,603	249,114	276,489	276,489	7.64E+10	53%	5,226	30,429	(25,203)	25,203	6.35E+08	482%	530,829	279,542	251,287	251,287	6.31E+10	47%
2019	SU	SU20	2019-01	251,165	260,204	(9,039)	9,039	8.17E+07	4%	73,615	153,760	(80,145)	80,145	6.42E+09	109%	324,780	413,964	(89,184)	89,184	7.95E+09	27%
2019	SU	SU20	2019-02	523,054	556,852	(33,798)	33,798	1.14E+09	6%	144,911	130,708	14,203	14,203	2.02E+08	10%	667,965	687,560	(19,595)	19,595	3.84E+08	3%
2019	SU	SU20	2019-03	410,403	447,709	(37,306)	37,306	1.39E+09	9%	125,817	94,972	30,845	30,845	9.51E+08	25%	536,220	542,681	(6,461)	6,461	4.17E+07	1%
2019	FW	FW20	2019-04	433,587	351,018	82,569	82,569	6.82E+09	19%	38,171	156,039	(117,868)	117,868	1.39E+10	309%	471,758	507,057	(35,299)	35,299	1.25E+09	7%
2019	FW	FW20	2019-05	379,540	720,024	(340,484)	340,484	1.16E+11	90%	141,586	259,756	(118,170)	118,170	1.40E+10	83%	521,126	979,780	(458,654)	458,654	2.10E+11	88%
2019	FW	FW20	2019-06	616,611	503,760	112,851	112,851	1.27E+10	18%	47,944	172,004	(124,096)	124,096	1.54E+10	259%	664,555	675,800	(11,245)	11,245	1.26E+08	2%
2019	HO	HO20	2019-07	630,204	372,845	257,359	257,359	6.62E+10	41%	31,825	86,632	(54,807)	54,807	3.00E+09	172%	662,029	459,477	202,552	202,552	4.10E+10	31%
2019	HO	HO20	2019-08	469,602	520,735	(51,133)	51,133	2.61E+09	11%	120,591	68,728	51,863	51,863	2.69E+09	43%	590,193	589,463	730	730	5.34E+05	0%
2019	HO	HO20	2019-09	351,400	481,791	(130,391)	130,391	1.70E+10	37%	69,731	84,057	(14,326)	14,326	2.05E+08	21%	421,131	565,848	(144,717)	144,717	2.09E+10	34%
2019	SP	SP21	2019-10	420,017	305,386	114,631	114,631	1.31E+10	27%	92,621	30,718	61,903	61,903	3.83E+09	67%	512,638	336,104	176,534	176,534	3.12E+10	34%
2019	SP	SP21	2019-11	575,414	367,616	207,798	207,798	4.32E+10	36%	118,264	52,008	66,256	66,256	4.39E+09	56%	693,678	419,624	274,054	274,054	7.51E+10	40%
2019	SP	SP21	2019-12	531,806	381,490	150,316	150,316	2.26E+10	28%	62,068	67,804	(5,736)	5,736	3.29E+07	9%	593,874	449,294	144,580	144,580	2.09E+10	24%
2018	TOTAL	TOTAL	2018	4,524,003	4,996,114	(472,111)	2,173,305	5.76E+11	729%	433,832	792,081	(358,249)	575,757	3.81E+10	3252%	4,957,835	5,788,195	(830,360)	2,252,520	6.84E+11	768%
2019	TOTAL	TOTAL	2019	5,592,803	5,269,430	323,373	1,527,674	3.03E+11	327%	1,067,144	1,357,222	(290,078)	740,218	6.50E+10	1162%	6,659,947	6,626,652	33,295	1,563,606	4.09E+11	292%
2018-2019	TOTAL	TOTAL	2018-2019	10,116,806	#####	(148,738)	3,700,980	8.79E+11	1055%	1,500,976	2,149,303	(648,327)	1,315,975	1.03E+11	4414%	11,617,782	12,414,847	(797,065)	3,816,126	1.09E+12	1060%
2018	SU19			766,857	1,138,877	(372,020)	372,020	6.66E+10	164%	170,938	146,691	24,247	163,175	1.14E+10	295%	937,795	1,285,567	(347,772)	471,210	9.85E+10	175%
2018	FW19			761,670	1,466,631	(704,961)	793,188	3.01E+11	368%	39,738	253,412	(213,674)	213,674	1.59E+10	1423%	801,408	1,720,043	(918,635)	918,635	4.36E+11	434%
2018	HO19			1,446,696	1,466,286	(19,590)	383,639	6.24E+10	79%	190,897	290,472	(99,575)	129,660	8.66E+09	736%	1,637,593	1,756,757	(119,164)	307,463	3.59E+10	56%
2018	SP20			1,548,780	924,321	624,459	624,459	1.46E+11	118%	32,259	101,507	(69,248)	69,248	2.17E+09	797%	1,581,039	1,025,827	555,212	555,212	1.14E+11	104%
2019	SU20			1,184,622	1,264,765	(80,143)	80,143	2.62E+09	19%	344,343	379,440	(35,097)	125,193	7.58E+09	143%	1,528,965	1,644,205	(115,240)	115,240	8.38E+09	32%
2019	FW20			1,429,738	1,574,802	(145,064)	535,904	1.35E+11	127%	227,701	587,835	(360,134)	360,134	4.33E+10	651%	1,657,439	2,162,637	(505,198)	505,198	2.12E+11	97%
2019	HO20			1,451,206	1,375,371	75,835	438,883	8.59E+10	89%	222,147	239,417	(17,270)	120,996	5.90E+09	236%	1,673,353	1,614,788	58,565	348,000	6.20E+10	65%
2019	SP21			1,527,237	1,054,492	472,745	472,745	7.89E+10	92%	272,953	150,530	122,423	133,895	8.25E+09	132%	1,800,190	1,205,022	595,168	595,168	1.27E+11	98%
2018-2019	SU			1,951,479	2,403,642	(452,163)	452,163	6.92E+10	183%	515,281	526,131	(10,850)	288,368	1.90E+10	438%	2,466,760	2,929,772	(463,012)	586,450	1.07E+11	207%
2018-2019	FW			2,191,408	3,041,433	(850,025)	1,329,092	4.36E+11	495%	267,439	841,247	(573,808)	573,808	5.91E+10	2074%	2,458,847	3,882,680	(1,423,833)	1,423,833	6.48E+11	531%
2018-2019	HO			2,897,902	2,841,656	56,246	822,521	1.48E+11	168%	413,044	529,889	(116,845)	250,656	1.46E+10	972%	3,310,946	3,371,545	(60,599)	655,463	9.78E+10	121%
2018-2019	SP			3,076,017	1,978,813	1,097,204	1,097,204	2.25E+11	210%	305,212	252,037	53,175	203,143	1.04E+10	930%	3,381,229	2,230,849	1,150,380	1,150,380	2.41E+11	202%
2019 H1				2,614,360	2,839,567	(225,207)	616,047	1.38E+11	146%	572,044	967,275	(395,231)	485,327	5.08E+10	794%	3,186,404	3,806,842	(620,438)	620,438	2.20E+11	129%
2019 H2				2,978,443	2,429,863	548,580	911,628	1.65E+11	181%	495,100	389,947	105,153	254,891	1.42E+10	368%	3,473,543	2,819,810	653,733	943,168	1.89E+11	163%

## **ANEXO 5. TABLA RESUMEN**

ESTILO	NO.	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	PARÁMETROS	XLSTAT				
				DISPONIBLE?	Demanda Total	MAD	ECM	MAPE
TOTAL CATEGORIA A	0	DATOS INTERNOS		N/A	6,659,947	130,300	3.41E+10	24.3%
		RESUMEN		27		12	15	10
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	5,851,372	105,748	1.52E+10	18.9%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	6,243,477	96,198	1.34E+10	18.5%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	SI	5,839,357	110,793	1.69E+10	20.1%
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	6,143,301	96,080	1.35E+10	18.0%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	4,875,970	161,977	3.36E+10	27.5%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		NO				
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		NO				
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		NO				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	6,282,653	91,736	1.23E+10	17.6%
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	SI	7,625,645	110,808	1.81E+10	23.2%
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	SI	5,855,487	116,986	1.96E+10	21.6%
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	6,689,571	110,835	1.83E+10	22.7%
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	8,384,382	166,031	3.85E+10	34.7%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	6,180,514	128,523	2.21E+10	24.9%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	8,727,191	196,436	6.48E+10	42.2%
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	8,847,554	206,349	6.35E+10	42.7%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	6,695,387	134,048	2.60E+10	27.4%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	6,050,362	130,090	2.43E+10	24.5%
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	8,124,004	144,963	3.26E+10	30.5%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	4,269,423	224,924	6.68E+10	39.2%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	5,925,794	113,822	1.95E+10	20.5%
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	8,353,768	180,581	4.66E+10	37.2%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	4,008,639	242,294	7.53E+10	42.2%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	6,607,909	116,406	2.18E+10	20.6%
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	7,909,405	157,174	3.66E+10	28.2%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	8,858,468	213,125	6.13E+10	39.7%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	(29,836,922)	3,041,406	1.41E+13	527.9%
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	8,603,577	258,509	1.07E+11	47.0%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	9,871,297	330,841	1.80E+11	59.4%
38	FOURIER		SI	4,957,835	188,764	4.88E+10	33.5%	
39	AUTOMATICO		N/A					

727980	0	DATOS INTERNOS		N/A	1,190,014	55,404	6.39E+09	50%
		RESUMEN		27		11	9	5
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	537,518	58,259	7.87E+09	44%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	632,419	54,270	6.89E+09	45%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	SI	282,335	75,640	1.18E+10	60%
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	1,082,886	43,262	3.99E+09	61%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	603,180	54,779	7.67E+09	39%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		NO				
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		NO				
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		NO				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	1,086,167	47,996	4.54E+09	63%
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	SI	2,726,389	128,092	4.03E+10	247%
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	SI	(1,407,092)	216,426	7.61E+10	271%
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	690,974	61,366	7.46E+09	58%
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	1,216,585	48,210	5.64E+09	84%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	1,216,585	48,210	5.64E+09	84%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	899,899	53,338	5.93E+09	59%
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	434,857	66,419	8.93E+09	52%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	361,180	72,410	9.27E+09	62%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	1,321,579	46,625	4.27E+09	70%
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	362,106	73,205	1.06E+10	79%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(1,563,312)	229,444	8.23E+10	299%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	1,293,863	44,121	3.59E+09	50%
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	726,367	50,447	6.02E+09	41%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(1,270,052)	205,005	7.34E+10	227%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	154,930	114,666	2.49E+10	95%
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	751,118	102,263	1.91E+10	114%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(1,740,602)	250,268	1.15E+11	289%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	(40,744)	102,563	1.96E+10	108%
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	809,976	73,668	1.03E+10	75%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	809,976	73,668	1.03E+10	75%
38	FOURIER		SI	1,626,162	36,997	3.09E+09	48%	
39	AUTOMATICO		NO					

718839	0	DATOS INTERNOS		N/A	140,655	17,014	3.86E+08	116%
		RESUMEN		27		21	21	9
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	124,201	9,205	1.11E+08	118%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	115,859	9,158	1.13E+08	111%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	SI	121,040	9,140	1.11E+08	115%
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	145,553	9,157	1.09E+08	134%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	58,401	9,051	1.49E+08	69%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		NO				
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		NO				
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		NO				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	NO				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	NO				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	NO				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	NO				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	167,972	9,342	1.14E+08	152%
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	SI	167,972	9,342	1.14E+08	152%
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	SI	167,972	9,342	1.14E+08	152%
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	53,893	9,106	1.62E+08	69%
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	53,893	9,106	1.62E+08	69%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	53,893	9,106	1.62E+08	69%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	113,732	8,795	1.07E+08	126%
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	113,732	8,795	1.07E+08	126%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	113,732	8,795	1.07E+08	126%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	117,099	9,163	1.08E+08	125%
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	(95,474)	19,720	5.79E+08	244%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	33,748	10,875	2.25E+08	62%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	SI	117,099	9,163	1.08E+08	125%
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	(34,209)	14,572	3.41E+08	106%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(27,930)	14,049	3.23E+08	109%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	201,638	11,197	2.04E+08	224%
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	(183,743)	27,033	8.94E+08	256%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(301,075)	36,811	1.51E+09	396%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	SI	89,473	8,555	1.11E+08	115%
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	15,531	10,427	1.99E+08	63%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(85,847)	18,875	5.34E+08	204%
38	FOURIER		SI	200,403	14,114	3.00E+08	171%	
39	AUTOMATICO		NO					

ESTILO	NO.	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	PARÁMETROS	MINITAB				
				DISPONIBLE?	Demanda Total	MAD	ECM	MAPE
TOTAL CATEGORIA A	0	DATOS INTERNOS		N/A	6,659,947	130,300	3.41E+10	24%
		RESUMEN		28		5	12	7
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	5,613,108	118,838	1.92E+10	20.9%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	6,429,900	90,453	1.20E+10	17.8%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	6,143,604	96,067	1.35E+10	18.0%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	8,095,848	135,833	2.65E+10	28.3%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	8,860,031	191,936	4.73E+10	38.9%
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	10,921,861	355,160	1.62E+11	68.5%
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		SI	10,763,216	346,454	1.59E+11	66.5%
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	8,121,117	141,172	3.45E+10	27.1%
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	SI	5,018,844	144,239	2.87E+10	24.3%
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	8,237,806	143,025	2.88E+10	28.6%
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	SI	4,957,836	144,310	2.88E+10	24.0%
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	9,343,198	239,672	8.05E+10	49.3%
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	SI	4,974,816	172,288	3.97E+10	30.1%
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	9,416,968	244,128	7.73E+10	49.8%
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	SI	4,957,836	180,712	4.38E+10	31.8%
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	NO				
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	NO				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	NO				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	7,890,166	136,299	2.98E+10	29.1%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	6,196,892	131,558	2.33E+10	25.5%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	8,062,730	156,266	4.00E+10	33.0%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	6,187,946	147,550	3.00E+10	28.8%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	8,860,031	203,195	6.81E+10	42.9%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	3,713,773	265,239	8.89E+10	46.1%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	7,597,089	117,098	2.05E+10	23.4%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	2,813,989	331,700	1.38E+11	57.5%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	8,550,677	189,159	4.59E+10	34.5%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	7,536,355	126,525	2.24E+10	22.5%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	8,227,623	230,251	7.06E+10	42.0%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	7,289,751	178,248	4.15E+10	33.3%
38	FOURIER		SI	N/A	N/A	N/A	N/A	
39	AUTOMATICO		N/A					

727980	0	DATOS INTERNOS		N/A	1,190,014	55,404	6.39E+09	50%
		RESUMEN		27	-	6	-	-
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	640,213	70,752	8.91E+09	59%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	750,830	63,924	7.56E+09	59%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	660,837	69,479	8.64E+09	59%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	160,113	114,433	1.95E+10	103%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	658,292	70,760	9.79E+09	52%
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	(4,952,624)	682,515	5.98E+11	989%
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		SI	565,906	76,025	1.05E+10	55%
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	554,612	82,199	1.13E+10	65%
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	SI	1,361,694	57,693	4.75E+09	100%
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	512,847	97,804	1.23E+10	94%
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	SI	1,362,054	59,625	5.67E+09	104%
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	653,927	71,849	9.74E+09	55%
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	SI	1,370,311	60,253	5.04E+09	109%
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	706,139	69,509	8.68E+09	57%
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	SI	1,385,425	60,758	5.14E+09	111%
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	NO				
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	NO				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	NO				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	1,673,152	68,424	6.86E+09	139%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	(247,997)	167,559	3.43E+10	198%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	1,476,770	58,938	5.72E+09	113%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	(793,533)	220,394	6.27E+10	253%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	1,463,843	67,459	6.29E+09	123%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(1,058,481)	249,833	7.50E+10	314%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	1,487,761	72,436	7.10E+09	132%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(1,059,807)	249,980	8.16E+10	280%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	1,302,798	98,971	1.75E+10	151%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(387,106)	165,196	4.65E+10	176%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	1,314,983	89,591	1.44E+10	136%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(521,742)	142,646	3.50E+10	188%
38	FOURIER		N/A					
39	AUTOMATICO		NO					

718839	0	DATOS INTERNOS		N/A	140,655	17,014	3.86E+08	116%
		RESUMEN		27		11	11	5
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	127,824	9,157	1.10E+08	120%
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	110,358	9,194	1.15E+08	108%
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	122,690	9,157	1.11E+08	116%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	(64,822)	17,425	4.23E+08	154%
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	(127,561)	22,351	6.31E+08	222%
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	334,622	18,512	6.77E+08	306%
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		SI	49,119	9,645	1.64E+08	66%
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	(155,945)	24,717	7.88E+08	265%
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	SI	198,622	9,615	1.48E+08	183%
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	SI	(169,517)	25,848	7.96E+08	275%
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	SI	200,403	9,335	1.36E+08	172%
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	(130,018)	22,556	6.46E+08	240%
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	SI	200,145	10,171	1.36E+08	198%
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	SI	(149,509)	24,180	7.27E+08	248%
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	SI	200,403	10,738	1.48E+08	184%
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	NO				
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	NO				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	NO				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	(40,587)	15,104	3.55E+08	113%
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	66,130	9,193	1.54E+08	74%
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	NO				
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI	(11,454)	12,800	2.68E+08	91%
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI	119,235	9,208	1.14E+08	116%
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	(62,855)	16,959	4.26E+08	144%
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	21,644	10,773	2.24E+08	72%
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	NO				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI	(9,487)	12,512	2.72E+08	85%
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI	(36,529)	14,765	3.43E+08	123%
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	(203,517)	28,681	1.16E+09	542%
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(108,768)	20,785	5.45E+08	155%
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	NO				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI	(255,981)	33,053	1.23E+09	333%
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI	(6,389)	12,254	2.50E+08	91%
38	FOURIER		N/A					
39	AUTOMATICO		NO					

ESTILO	NO.	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	PARÁMETROS	FORECAST PRO				
				DISPONIBLE?	Demanda Total	MAD	ECM	MAPE
TOTAL CATEGORIA A	0	DATOS INTERNOS		N/A	6,659,947	130,300	3.41E+10	24%
		RESUMEN		10		2	2	2
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q= 2	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	6,523,740	90,387	1.17E+10	18%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		N/A				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	N/A				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	N/A				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	N/A				
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	N/A				
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	N/A				
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	N/A				
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	N/A				
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	N/A				
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	N/A				
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	N/A				
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	N/A				
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	N/A				
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	N/A				
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	N/A				
38	FOURIER		N/A					
39	AUTOMATICO		SI	6,523,740	90,387	1.17E+10	18%	

727980	0	DATOS INTERNOS		N/A	1,190,014	55,404	6.39E+09	50%
		RESUMEN		10	-	-	-	-
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q= 2	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		N/A				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	1,874,916	79,920	7.90E+09	156%
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	N/A				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	N/A				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	N/A				
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	N/A				
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	N/A				
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	N/A				
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	N/A				
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	N/A				
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	N/A				
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	N/A				
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	N/A				
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	N/A				
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	N/A				
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	N/A				
38	FOURIER		N/A					
39	AUTOMATICO		SI	1,874,916	79,920	7.90E+09	156%	

718839	0	DATOS INTERNOS		N/A	140,655	17,014	3.86E+08	116%
		RESUMEN		10		2	2	-
	1	PROMEDIO MÓVIL	Q=2	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	3	PROMEDIO MÓVIL SPENCER	Q=7	NO				
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	200,403	9,157	1.11E+08	117%
	5	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	6	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	7	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	8	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		N/A				
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	10	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	N/A				
	12	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	N/A				
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	14	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	N/A				
	16	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	N/A				
	17	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = Óptimo	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	18	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.2	N/A				
	19	MÉTODO DE WINTER LINEAL (HOLT)	$\alpha$ = 0.5	N/A				
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2 , Q=3	N/A				
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5 , Q=3	N/A				
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=3	SI	N/A	N/A	N/A	N/A
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2 , Q=3	N/A				
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5 , Q=3	N/A				
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2 , Q=4	N/A				
	28	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5 , Q=4	N/A				
	29	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=4	N/A				
	30	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2 , Q=4	N/A				
	31	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5 , Q=4	N/A				
	32	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	33	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2 , Q=Pred	N/A				
	34	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5 , Q=Pred	N/A				
	35	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = Óptimo , Q=Pred	N/A				
	36	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2 , Q=Pred	N/A				
	37	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5 , Q=Pred	N/A				
38	FOURIER		N/A					
39	AUTOMATICO		SI	200,403	9,157	1.11E+08	117%	

**ANEXO 6. ANÁLISIS DE PRONÓSTICO Y DEMANDA REAL EN PIEZAS PARA CUANTIFICAR EL AHORRO EN EL PRONÓSTICO DE LA EMPRESA**

	Empresa	Empresa	Minitab	
<u>AÑO</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>2019</u>	<u>Diferencia</u>
Demanda Real	4,957,835	6,659,947	6,659,947	-
Pronóstico	5,788,195	6,626,652	6,429,900	(196,752)
Variable Piezas	(830,360)	33,295	230,047	196,752
Desviación Media Absoluta	2,252,520	1,563,606	1,085,431	(478,175)
MAPE	64%	24%	17.8%	(0)
Precio promedio	\$ 7.25	\$ 7.25	\$ 7.25	-
<b>Valor Desviación Media Absoluta en \$</b>	<b>\$ 16,330,770</b>	<b>\$ 11,336,142</b>	<b>\$ 7,869,375</b>	<b>\$ (3,466,767)</b>

Beneficio en valor desviación	\$ 3,466,767.34	<b>1,098</b>
Costo de Inversión de Minitab	\$ 3,157.11	

El análisis muestra que la empresa tendrá un ahorro en el pronóstico de la demanda de \$3,406,767, se realiza el análisis del beneficio , sobre el costo de la inversión el cual se presento en el plan de trabajo, nos muestra que el resultado es mayor a uno , que significa que el proyecto es rentable.

"TRES VALLES" “	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>	CÓDIGO: P-TRESVALLES-12-01
		REVISIÓN Edin 1
	S&OP	FECHA: 12/28/2020
		Pág. 292 de 329

## **ANEXO 7. MANUAL PARA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE**

### **MINITAB**

## **PROCESO PARA USO DE SOFTWARE MINITAB**

<b>Creado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Autorizado por:</b>
Enma Eylee Vallecillo	Liscien Altamirano	Gerente de Planeación

## ACTUALIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

<b>Fecha de modificación</b>	<b>Número de actualización</b>	<b>Razón de la actualización</b>

## **OBJETIVO:**

Este manual está diseñado para establecer el proceso a seguir en el uso del Software Minitab para generar pronósticos de la demanda de la producción.

## **DEFINICIONES:**

- **Software:** Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.
- **Pronóstico:** Predicción de la evolución de un proceso o de un hecho futuro a partir de criterios lógicos o científicos.
- **Demanda:** Es la cantidad total de un bien o servicio que la gente desea adquirir.
- **Modelos cuantitativos:** Es aquel que se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información.
- **Series de tiempo:** El término serie de tiempo se aplica por ejemplo a datos registrados en forma periódica que muestran, por ejemplo, las ventas anuales totales de almacenes
- **Periodos:** Espacio de tiempo durante el cual se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.
- **Longitud:** La amplitud de la clase también se conoce como longitud y se define como el número de variables dentro de una clase.
- **MAPE:** El Error Porcentual Absoluto Medio (**MAPE** o Mean Absolute Porcentaje Error) es un indicador del desempeño del Pronóstico de Demanda que mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales.

## **ALCANCE:**

Departamento de planificación y de análisis.

## **RESPONSABLES:**

- Analista de capacidad, programación de la producción

- Analista de la demanda Supply planning

## **RESPONSABILIDADES:**

Analista de la demanda:

- ✓ Cargar pronósticos
- ✓ Evaluar la demanda
- ✓ Tener la base de datos actualizada de los datos históricos.
- ✓ Codificar cada categoría
- ✓ Generar pronóstico a nivel de cada estilo
- ✓ Medir la precisión de la demanda real Vs el pronóstico generado

Analista de capacidad

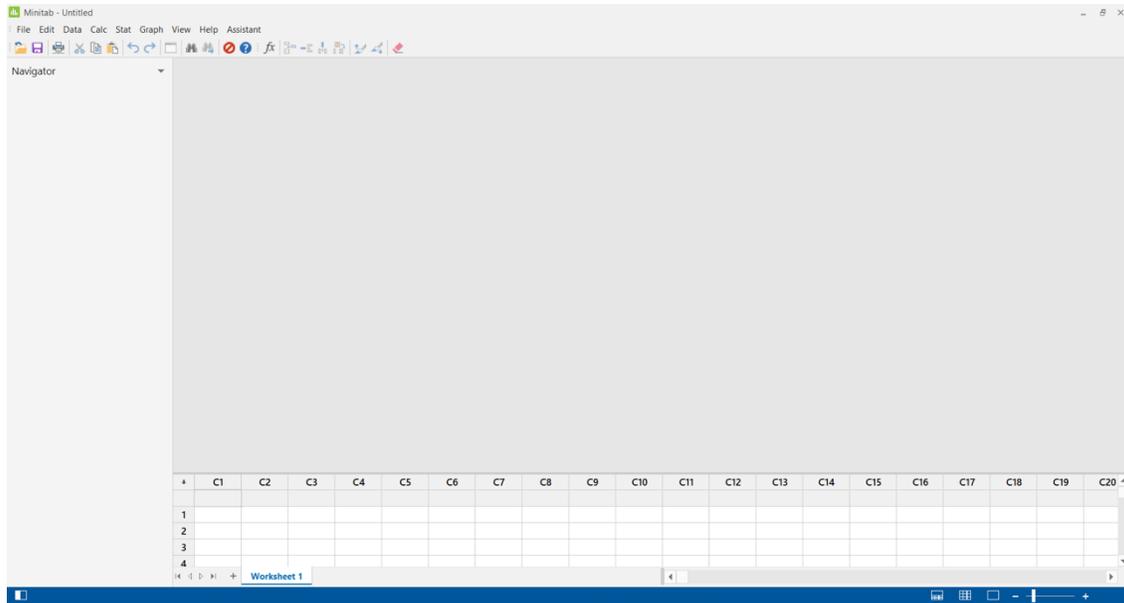
- ✓ Recibir el pronóstico
- ✓ Hacer balanceo de capacidad para la producción
- ✓ Evaluar la utilización de la capacidad vs el pronóstico

## **PROCEDIMIENTO:**

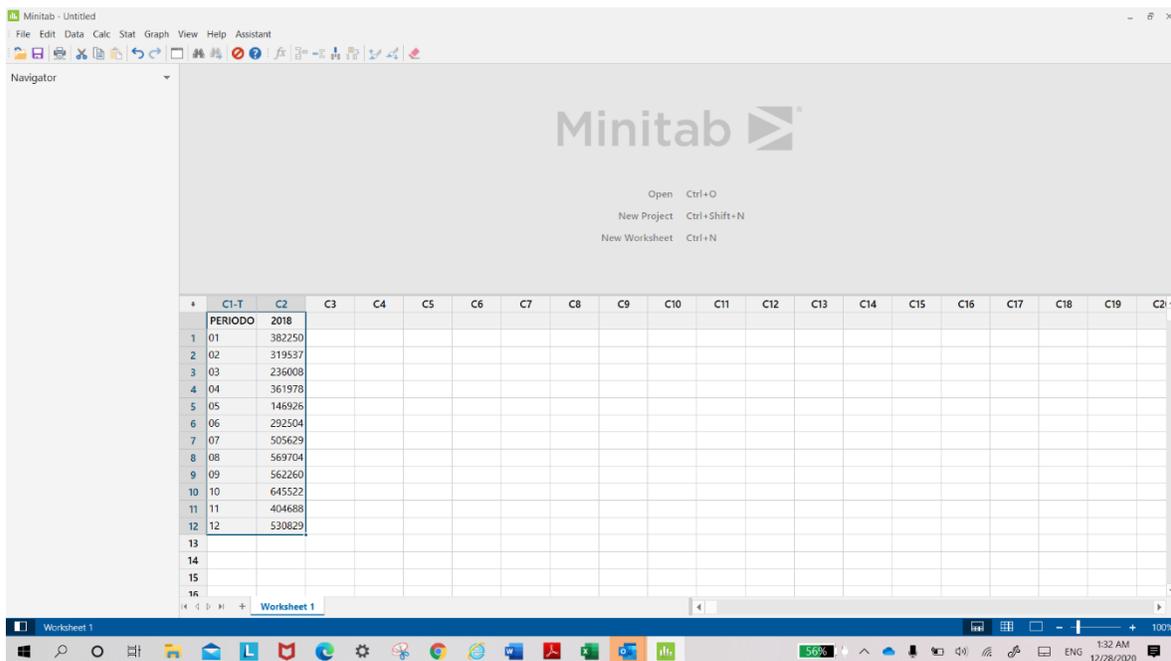
**Uso del software Minitab para la generación de pronóstico de la demanda de la empresa**

**Tres Valles:**

1. Paso número uno, ingresar a Minitab que deberá estar anclada en la barra de herramientas de el escritorio de la computadora.

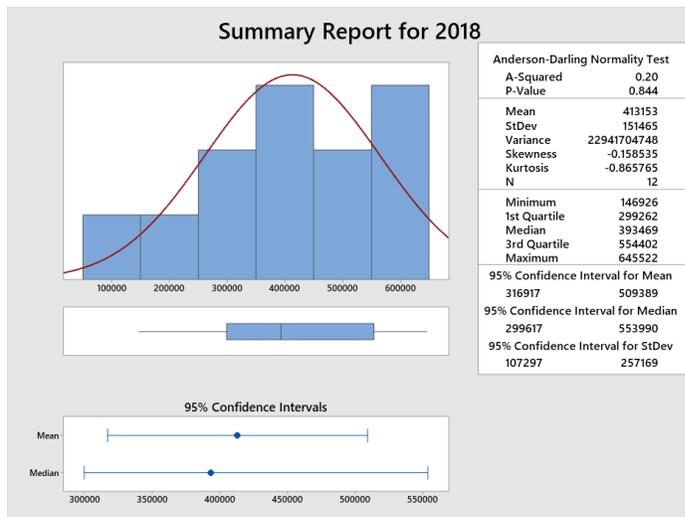
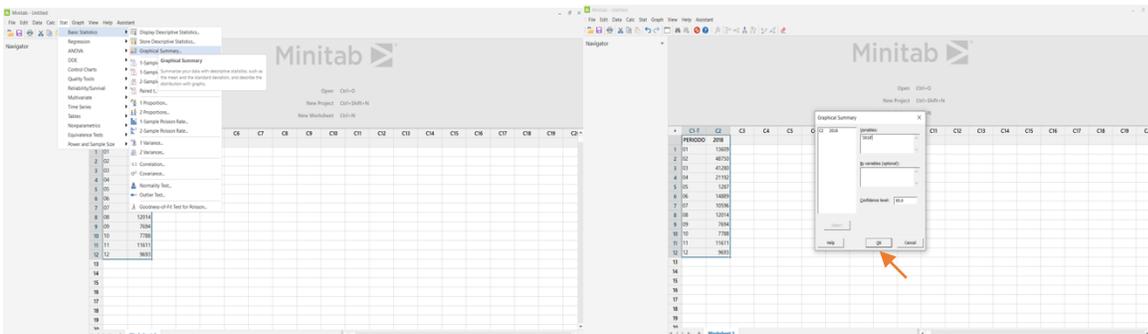


2. Recolección de los datos, una vez cuenta con los datos a pronosticar se ingresan en la hoja de trabajo de Minitab.



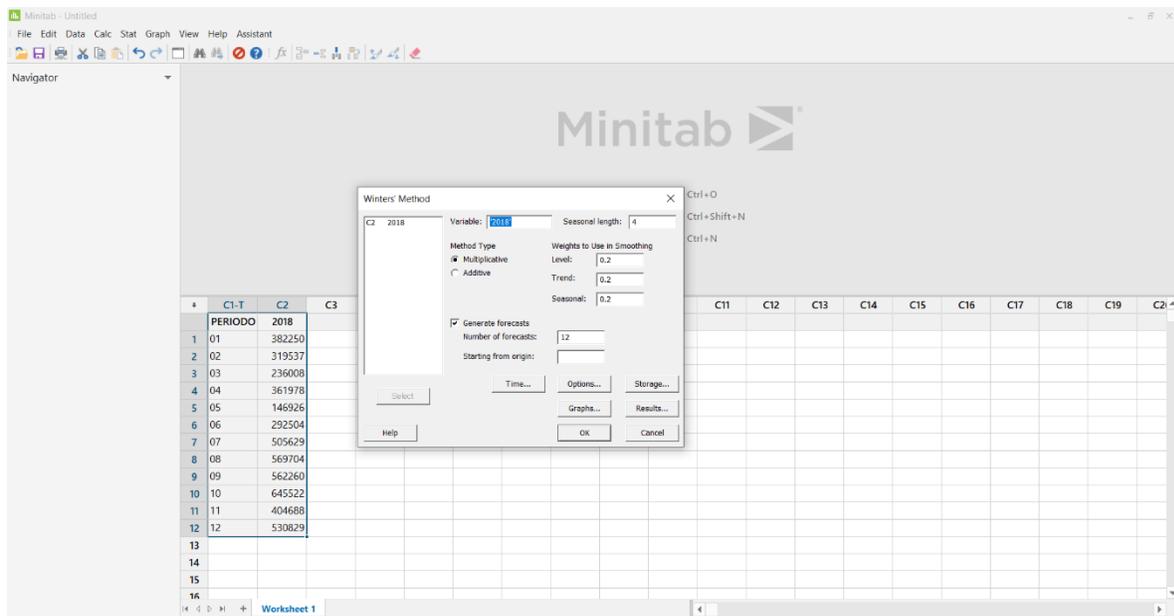
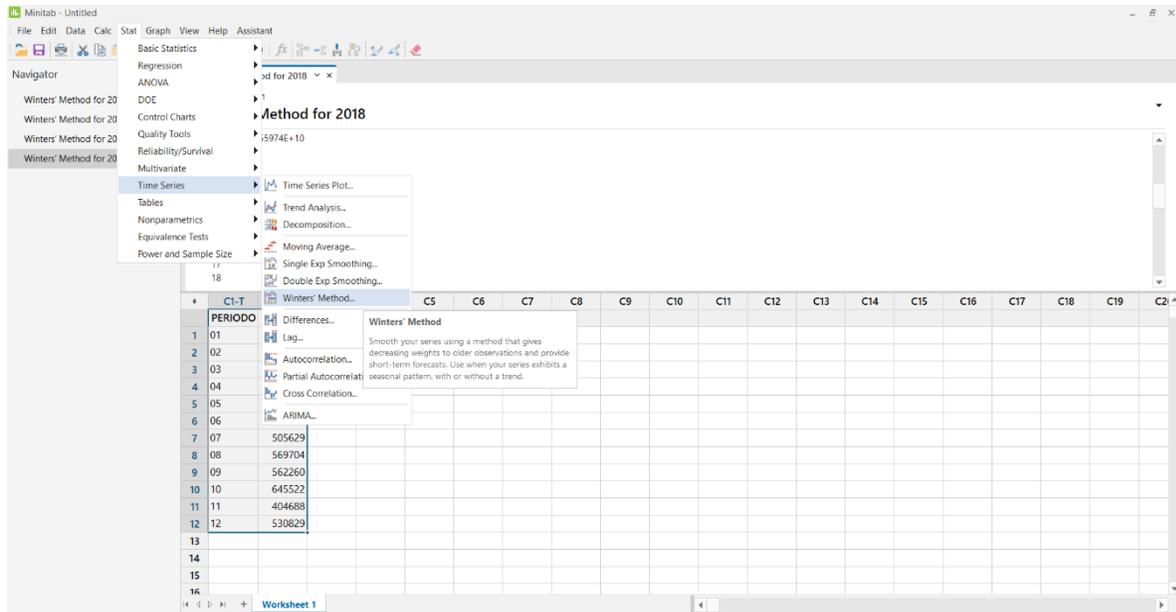
3. Analiza la demanda, se le detalla cuadro resumen sobre la teoria del tipo de demanda y modelo a desarrollar dependiendo del resultado de esta , cuadro que tendra a continuacion:

Patrón de la demanda observado	Técnica de pronóstico recomendado
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winter
Demandas altamente correlacionadas	Métodos Integrados de promedios móviles autorregresivos (ARIMA)
Errática	Método de Croston

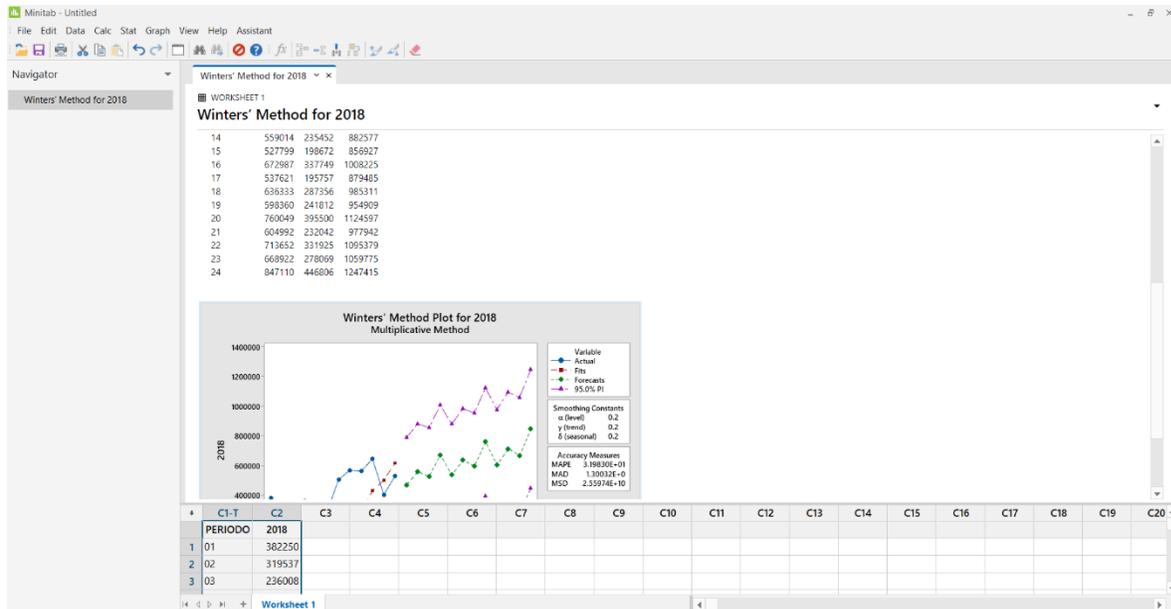


4. El resultado de la demanda, es una demanda estacional o periodica, por lo que la tecnica de pronóstico recomendada son los modelos periódicos de Winter.

5. A continuación, desarrollaremos un análisis de pronóstico con el modelo de Winters Multiplicativo  $L=4$   $a=0.2$

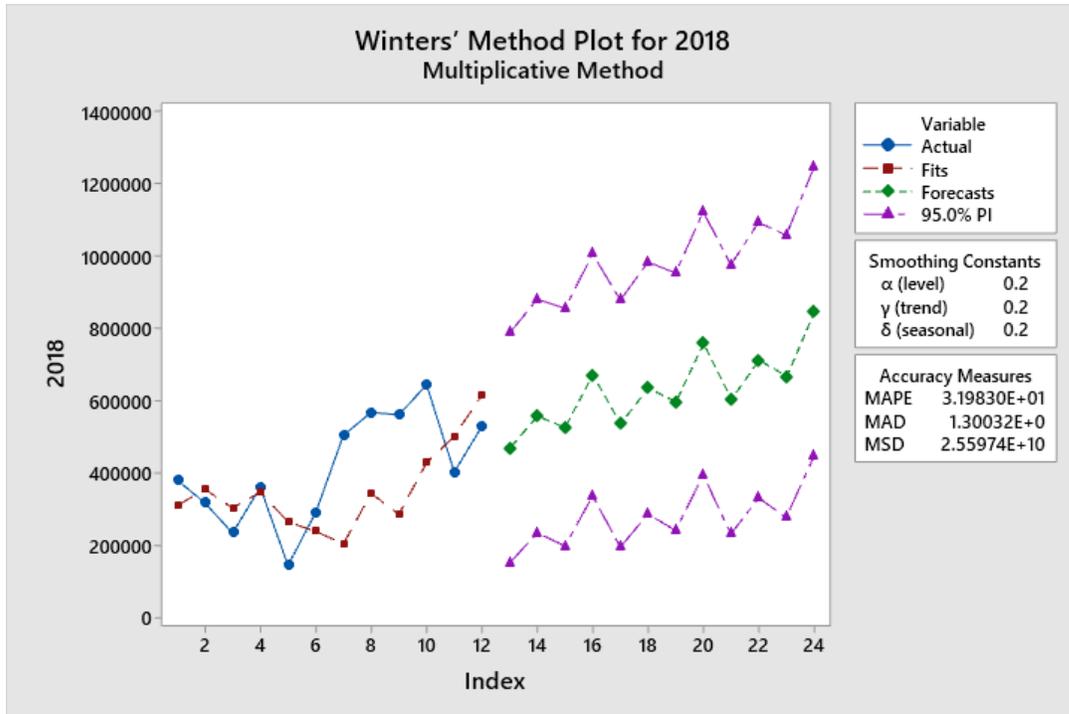


6. Una vez ingresados los datos , el software proporciona el pronóstico , como se ven en la hoja siguiente. Esos datos obtenidos, los copia y los pega a la hoja en excel que le es proporcionada, para que haga los análisis correspondientes.

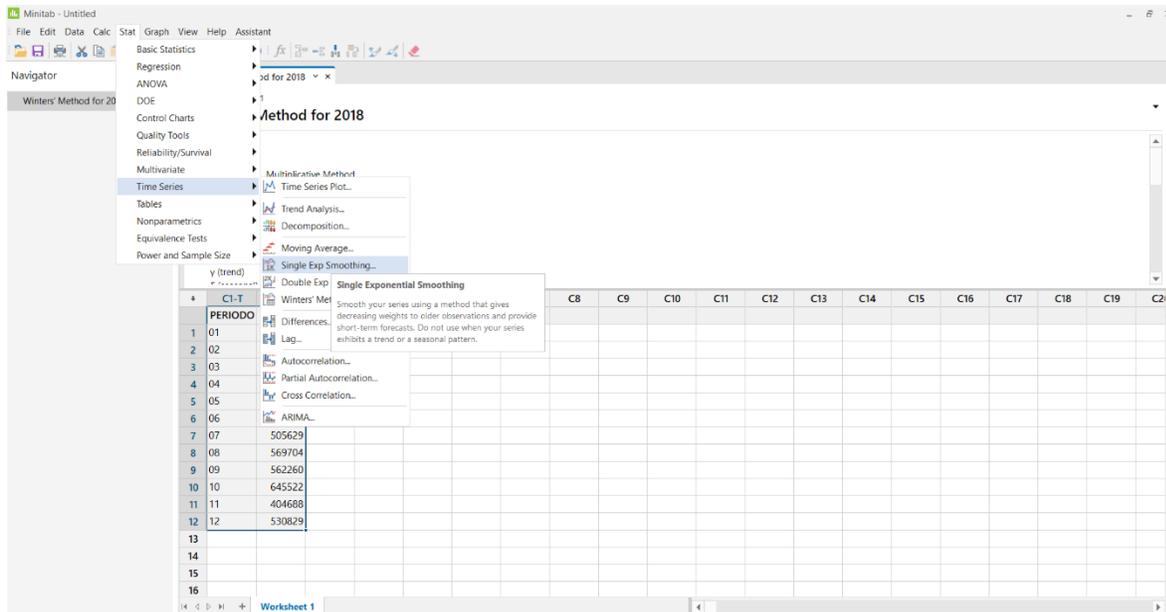


7. El formato sumario que se le proporciona, ya esta formulado, de manera que lo único que debe ingresar es lo resultado en amarillo, la parte de la demanda que ya usted tiene la información y el pronóstico se lo proporciona el Software. Una vez ingresados los datos procede a la valoración de la información con el gerente de planeación.

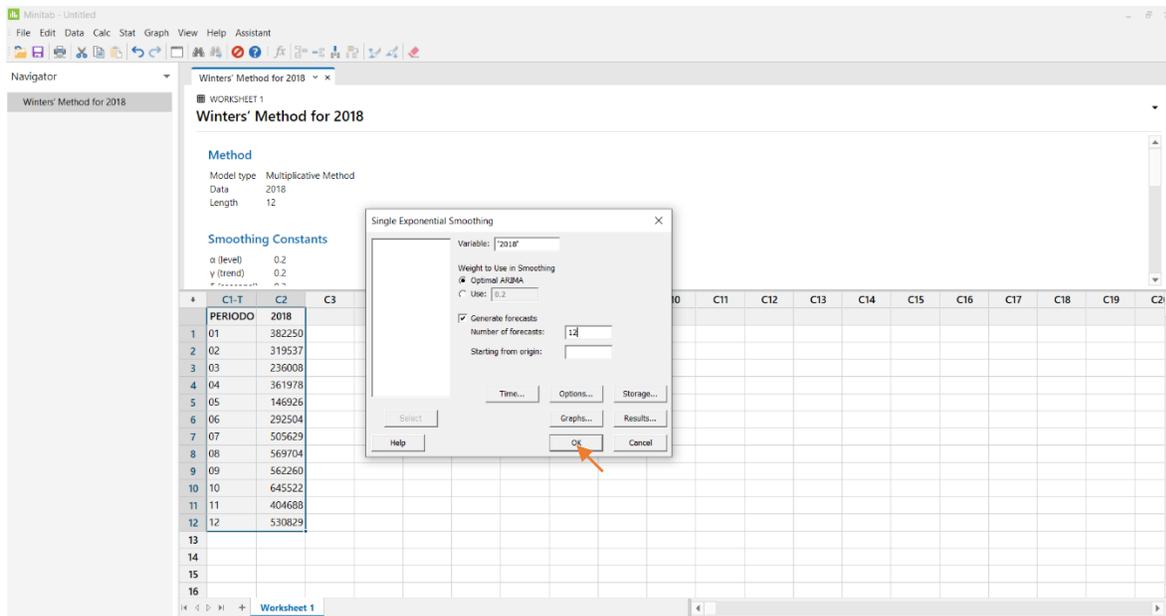
REAL MAPE			24%		MAPE HERRAMIENTA				3.19%	
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Winters Multiplicativo l=4 a=0.2	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)			
01	382,250	324,780	470,250	(145,470)	145,470	2.12E+10	45%			
02	319,537	667,965	559,014	108,951	108,951	1.19E+10	16%			
03	236,008	536,220	527,799	8,421	8,421	7.09E+07	2%			
04	361,978	471,758	672,987	(201,229)	201,229	4.05E+10	43%			
05	146,926	521,126	537,621	(16,495)	16,495	2.72E+08	3%			
06	292,504	664,555	636,333	28,222	28,222	7.96E+08	4%			
07	505,629	662,029	598,360	63,669	63,669	4.05E+09	10%			
08	569,704	590,193	760,049	(169,856)	169,856	2.89E+10	29%			
09	562,260	421,131	604,992	(183,861)	183,861	3.38E+10	44%			
10	645,522	512,638	713,652	(201,014)	201,014	4.04E+10	39%			
11	404,688	693,678	668,922	24,756	24,756	6.13E+08	4%			
12	530,829	593,874	847,110	(253,236)	253,236	6.41E+10	43%			
		<b>4,957,835</b>	<b>6,659,947</b>	<b>7,597,089</b>	<b>(937,142)</b>	<b>1,405,180</b>	<b>2.47E+11</b>	<b>280%</b>		
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico			12	117,098	2.05E+10	23%				
Numero de Periodos (n)			PERIODOS	MAD	ECM	MAPE				
Errores de Pronóstico			6	84,798	1.24E+10	19%				



8. Realizaremos otra prueba de análisis de suavización exponencial simple, para que le sirva de guía y referencia.



9. Selecciona los datos y agrega 12 , siendo este el numero de pronósticos.

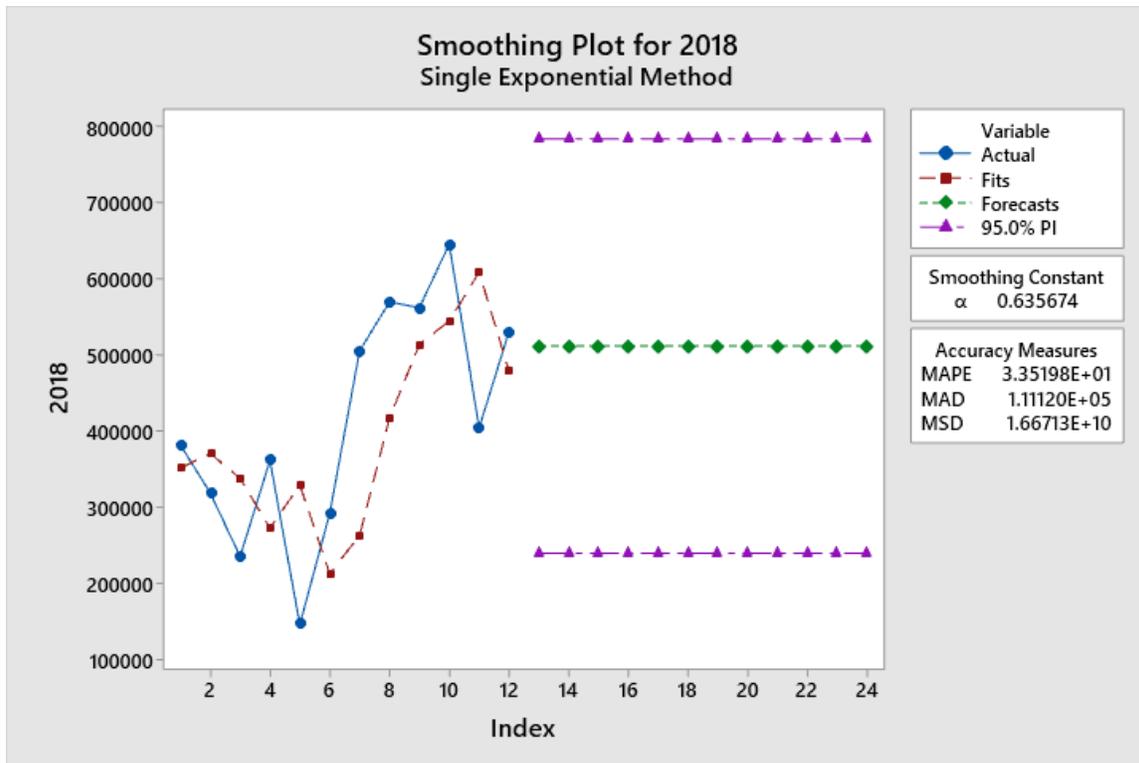


10. Le proporciona la información de pronóstico y gráfico, que como se le explicó en el ítem 7 debe ingresar los valores en amarillo.

REAL MAPE			MAPE HERRAMIENTA				
		24%					3.35%
PERIODO	2018	DEMANDA 2019	PRONÓSTICO : Suavización Exponencial Simple	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (ECM)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
01	382,250	324,780	511,967	(187,187)	187,187	3.50E+10	58%
02	319,537	667,965	511,967	155,998	155,998	2.43E+10	23%
03	236,008	536,220	511,967	24,253	24,253	5.88E+08	5%
04	361,978	471,758	511,967	(40,209)	40,209	1.62E+09	9%
05	146,926	521,126	511,967	9,159	9,159	8.39E+07	2%
06	292,504	664,555	511,967	152,588	152,588	2.33E+10	23%
07	505,629	662,029	511,967	150,062	150,062	2.25E+10	23%
08	569,704	590,193	511,967	78,226	78,226	6.12E+09	13%
09	562,260	421,131	511,967	(90,836)	90,836	8.25E+09	22%
10	645,522	512,638	511,967	671	671	4.50E+05	0%
11	404,688	693,678	511,967	181,711	181,711	3.30E+10	26%
12	530,829	593,874	511,967	81,907	81,907	6.71E+09	14%
		4,957,835	6,143,604	516,343	1,152,807	1.62E+11	216%

Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	12	96,067	1.35E+10	18.0%
Numero de Periodos (n)	PERIODOS	MAD	ECM	MAPE
Errores de Pronóstico	6	94,899	1.42E+10	19.8%



11. Ya elaborada la tabla procede el análisis de esta con el gerente de planeación.

## NUEVO PROCEDIMIENTO PLANIFICACION DE LA DEMANDA

### 1. Recepción del pronóstico

El analista de planificación descarga del sistema del cliente el pronóstico de la demanda, calculado en base a sus procesos internos.

### 2. Creación del pronóstico como herramienta

El analista de planificación deberá generar el pronóstico interno de la compañía, utilizando el Software de Minitab, con el modelo que más se adecue a la demanda.

### 3. Medición pronóstica del cliente vs pronóstico de herramienta vs demanda real

El analista de planificación trabajará en la matriz que se encuentra en anexo uno la comparación del pronóstico del cliente, pronóstico de la herramienta utilizada vs la demanda real, para analizar los comportamientos de: Demanda, MAD, ECM y MAPE.

4. Distribución de la demanda por plantas de manufactura

Corporativo designa la distribución de la demanda para la producción en las plantas de Honduras.

5. Análisis de la variación

Se establecerá el procedimiento de medir los cambios del pronóstico del cliente vs el pronóstico interno generado por Minitab vs la demanda real cuando esta ya este disponible, dicho paso debe hacerse de forma mensual y estar evaluando constantemente los estadísticos del error, MAD, ECM y MAP

6. Análisis de la capacidad

El planeador de cada planta analiza sus nuevas proyecciones y hace un estudio de capacidad para poder cumplir la demanda.

7. Actualización de la capacidad en sistema de cliente

Se actualiza la capacidad en el sistema del cliente, acorde a la confirmación de la capacidad de cada planta.

## **NUEVO PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS PARA ANALIZAR EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA**

1. Clasificación ABC

El análisis ABC consiste en aplicar el principio de Pareto o regla 80/20 para segmentar entidades (productos, clientes, proveedores, etc.). Típicamente se aplica en el ámbito del almacén para clasificar el inventario según su importancia. Aunque se pueden seguir diferentes criterios (según cada almacén y tipos de mercancía que manejen), un criterio típico es el valor de inventario de cada referencia, calculado como su demanda anual multiplicada por su coste unitario. Después,

se ordenan de mayor a menor y se agrupan según el porcentaje que representan respecto al total. los porcentajes típicos resultantes serán:

- Categoría A: En torno al 20% de las referencias representan aproximadamente el 80% del valor del inventario (regla 80/20).
- Categoría B: En torno al 30% de las referencias representan aproximadamente el 15% del valor del inventario.
- Categoría C: En torno al 50% de las referencias representan sólo el 5% del valor del inventario.

## 2. Seleccionar datos históricos

Primero, limpiar los datos históricos, esto a través de eliminar duplicados, correcta clasificación y su enriquecimiento en todos los registros y libros de los sistemas de la organización. Lo segundo es mantenerlos limpios. Los datos deben de tener un mantenimiento continuo. Hay que mantener la calidad de los datos maestros y crear control o un marco de referencia para la creación, uso, acceso y mantenimiento de los datos actuales y nuevos de la organización.

## 3. Tratar datos atípicos

Un valor atípico es una observación extrañamente grande o pequeña. Los valores atípicos pueden tener un efecto desproporcionado en los resultados estadísticos, como la media, lo que puede conducir a interpretaciones engañosas.

Para tener un mejor resultado del proceso debe excluir valores atípicos para mejorar la precisión de la previsión. Esta es una visión general del proceso.

4. Seleccionar método de pronóstico

Una vez analizada la demanda, que se conoce el tipo de demanda que es, se procede a utilizar el método recomendado, que se adjuntó en el ítem tres, del patrón de la demanda observado.

5. Optimizar parámetros

La optimización de los parámetros se selecciona en el software, siempre considerando el tipo de demanda, en los anexos ítem N.2, les presentamos un cuadro resumen de los modelos que se pueden generar en series de tiempo para pronósticos de la demanda de producción.

6. Seleccionar la medida del error

La medida de error utilizada es MAPE, el MAPE establecido por la compañía de 20%, por lo que el modelo se debe ajustar al 20% o menor a este.

## ANEXOS.

Se le proporcionará un formato de sumario final, para que pueda realizar sus reportes de pronóstico en este libro, a continuación, le detallamos el link.

### 1. Sumario final

<C:\Users\Eylee Vallecillo\Desktop\FINAL\Formato sumario final para pronósticos.xlsx>

### 2. Se le anexa un detalle de los modelos estadísticos, de series de tiempo que puede generar en Minitab.

MINITAB				
ESTILO	NO.	MODELO DE PRONÓSTICO CUANTITATIVO	PARÁMETROS	DISPONIBLE?
SERIES DE TIEMPO	1	PROMEDIO MÓVIL	Q= 2	SI
	2	PROMEDIO MÓVIL	Q=4	SI
	3	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	$\alpha$ = Óptimo	SI
	4	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	$\alpha$ = Óptimo	SI
	5	MODELO DE TENDENCIA - LINEAL		SI
	6	MODELO DE TENDENCIA - CUADRÁTICA		SI
	7	MODELO CURVA DE CRECIMIENTO		SI
	8	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacion	Q=4	SI
	9	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=4	SI
	10	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=4	SI
	11	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=4	SI
	12	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Tendencial más estacion	Q=3	SI
	13	DESCOMPOSICIÓN Multiplicativo - Estacional Solamente	Q=3	SI
	14	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Tendencial más estacional	Q=3	SI
	15	DESCOMPOSICIÓN Aditivo - Estacional Solamente	Q=3	SI
	16	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI
	17	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI
	18	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=3	SI
	19	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=3	SI
	20	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI
	21	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI
	22	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=4	SI
	23	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=4	SI
	24	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI
	25	MÉTODO DE WINTER - Estacional Aditivo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI
	26	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.2, Q=Pred	SI
	27	MÉTODO DE WINTER - Estacional Multiplicativo	$\alpha$ = 0.5, Q=Pred	SI
	28	FOURIER		SI