

Trabajo Fin de Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis comparativo de los métodos de previsión de la demanda en materiales aeronáuticos

Autor: Inés Molina de Parias

Tutor: José Guadix Martín

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas II Escuela Técnica Superior de
Ingeniería**

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis comparativo de los métodos de previsión de la demanda en materiales aeronáuticos

Autor:

Inés Molina de Parias

Tutor:

José Guadix Martín

Catedrático de Universidad

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado: Análisis comparativo de los métodos de previsión de la demanda en materiales aeronáuticos

Autor: Inés Molina de Parias

Tutor: José Guadix Martín

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres por proporcionarme los medios necesarios para mis estudios.

A mi tutor por su dedicación y paciencia a lo largo de este trabajo.

Resumen

La previsión de la demanda es un aspecto crucial para la gestión eficiente de inventarios y recursos en las empresas.

Para ello es fundamental contar con métodos de previsión precisos que permitan anticipar las necesidades futuras para así tomar decisiones estratégicas que optimicen la producción, almacenamiento y distribución de productos.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es analizar y comparar diferentes métodos de previsión de la demanda para identificar cuál ofrece el menor Error. Para llevar a cabo este estudio, se seleccionarán tres materiales con patrones de demandas diferentes (estacional, nivelada y con tendencia) a los que se le aplicarán diversos métodos de previsión (Medias Móviles Simples y Dobles, Ajuste Exponencial Simple y Doble, Método de Holt y Método de Holt-Winters). Cada uno de estos métodos se aplicará a los datos históricos de la demanda de los tres materiales y se evaluará su desempeño con la Suma de Cuadrados del Error (SCE).

Cabe destacar que son métodos que se basan en el histórico y que, por tanto, son válidos cuando no hay cambios en las condiciones del entorno. Y que, todos ellos son válidos para cualquier otro sector diferente al aeronáutico para la previsión de la demanda.

Abstract

Demand forecasting is a crucial aspect for the efficient management of inventories and resources in companies.

It is therefore essential to have accurate forecasting methods that allow anticipating future needs in order to make strategic decisions that optimise the production, storage and distribution of products.

The objective of this Final Degree Project is to analyse and compare different demand forecasting methods in order to identify which one offers the lowest Error. To carry out this study, three materials with different demand patterns (seasonal, level and trending) will be selected and different forecasting methods will be applied to them (Simple and Double Moving Averages, Single and Double Exponential Adjustment, Holt's Method and Holt-Winters Method). Each of these methods will be applied to historical demand data for the three materials and their performance will be evaluated with the Sum of Squares Error (SCE).

It should be noted that these methods are historically based and are therefore valid when there are no changes in environmental conditions. And that all of them are valid for any other sector than aviation for demand forecasting.

Aclaración

Por cuestiones de confidencialidad, para este trabajo se ha decidido llamar a la empresa real con el nombre inventado de AirYou Aerospace.

Índice

Agradecimientos	7
Resumen	9
Abstract	11
Aclaración	13
Índice	15
Índice de Tablas	18
Índice de Figuras	21
Índice de Ilustraciones	23
1.INTRODUCCIÓN	25
2.OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	26
3. SECTOR DE APLICACIÓN.....	28
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	28
3.2. AIRYOU AEROSPACE EN ESPAÑA	31
3.3. AIRYOU AEROSPACE SEVILLA	33
4.METODOLOGÍA A USAR	36
4.1. LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA	36
4.2. DEMANDA NIVELADA.....	37
4.3. DEMANDA CON TENDENCIA	38
4.4. DEMANDA ESTACIONAL.....	42
4.5. ERRORES DE PREVISIÓN.....	45

4.6. SITUACIÓN DE LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA EN LA ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	46
5.CASO PRÁCTICO	53
5.1. HISTÓRICO DE DATOS	55
5.2. PREVISIÓN DE LA DEMANDA DEL PASADO	55
5.3. PREVISIÓN DE LA DEMANDA FUTURA	76
5.4. RESULTADOS.....	76
6.CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS. RESULTADOS MATERIAL_1 Y MATERIAL_2.....	90

Índice de Tablas

Tabla 1. Previsión de la demanda pasada Medias Móviles Simples Material_3	58
Tabla 2. Errores cuadráticos obtenidos con el método de Medias Móviles Simples para el Material_3.....	59
Tabla 3. Previsión de la demanda pasada con Ajuste Exponencial Simple del Material_3	61
Tabla 4. Errores cuadráticos con el método de Ajuste exponencial para el Material_3. 61	
Tabla 5.Previsión de la demanda pasada con Medias Móviles Dobles del Material_3..	64
Tabla 6. Errores cuadráticos con el método de Medias Móviles Dobles con el Material_3	64
Tabla 7. Previsión de la demanda pasada con Ajuste Exponencial Doble del Materia_3	67
Tabla 8. Errores cuadráticos el método de Ajuste Exponencial Doble para el Material_3	67
Tabla 9. Valores utilizados para el cálculo de la previsión con Método Holt.....	68
Tabla 10. Previsión de la demanda pasada con Método Holt del Material_3	70
Tabla 11. Errores cuadráticos de la previsión con el método Holt para el Material_3...	70
Tabla 12. Valores utilizados para la previsión con el Método de Holt-Winters	71
Tabla 13. Previsión de la demanda pasada con el Método Holt-Winter del Material_3	73
Tabla 14. Valores inicialización método Holt-Winters del Material_3	74
Tabla 15. Valores Fi método Holt-Winter del Material_3	74
Tabla 16. Errores cuadráticos de previsión obtenidos con el método de Holt-Winters para el Material_3.....	75
Tabla 17. Previsión de la demanda futura con Método Holt-Winters Material_3.....	76
Tabla 18.Previsión de la demanda futura del Material_1	81
Tabla 19.Previsión de la demanda futura Método Holt Material_2	86

Tabla 20. Previsión demanda Medias Móviles Simples Material_1	92
Tabla 21. Errores cuadráticos Medias Móviles Simples Material_1	92
Tabla 22. Previsión demanda Ajuste Exponencial Simple Material_1	94
Tabla 23. Errores Cuadráticos Ajuste Exponencial Simple Material_1	94
Tabla 24. Previsión demanda Medias Móviles Dobles Material_1	96
Tabla 25. Errores Cuadráticos Medias Móviles Dobles Material_1	96
Tabla 26. Previsión Ajuste Exponencial Doble Material_1 ($\alpha=0,1$)	98
Tabla 27. Errores cuadráticos Ajuste Exponencial Doble Material_1	98
Tabla 28. Previsión demanda Método Holt Material_1 ($\alpha=0,5$; $\beta=0,1$)	100
Tabla 29. Errores cuadráticos Método Holt Material_1	100
Tabla 30. Previsión demanda Método Holt-Winters Material_1	102
Tabla 31. Errores cuadráticos Método Holt-Winters Material_1	102
Tabla 32. Previsión demanda Medias Móviles Simples Material_2	104
Tabla 33. Errores cuadráticos Medias Móviles Simples Material_2	104
Tabla 34. Previsión demanda Ajuste Exponencial Simple Material_2	106
Tabla 35. Errores cuadráticos Ajuste Exponencial Simple Material_2	106
Tabla 36. Previsión demanda Medias Móviles Dobles Material_2	108
Tabla 37. Errores Medias Móviles Dobles Material_2	108
Tabla 38. Previsión Ajuste Exponencial Doble Material_2 ($\alpha=0,05$)	110
Tabla 39. Errores Ajuste Exponencial Doble Material_2	110
Tabla 40. Previsión Método Holt Material_2 ($\alpha=0,05$ $\beta=0,1$)	112
Tabla 41. Errores Método Holt Material_2	112
Tabla 42. Previsión Método Holt-Winters Material_2 ($\alpha=0,1$; $\beta=0,05$; $\gamma=0,3$)	114
Tabla 43. Errores Cuadráticos Método Holt-Winters Material_2	114

Índice de Figuras

Figura 1. EADS. 1971	29
Figura 2. Helicóptero Airbus ACH160	30
Figura 3. Demanda nivelada	37
Figura 4. Demanda con tendencia	39
Figura 5. Demanda estacional	43
Figura 6. Inicialización de Winters	44
Figura 7. Términos relacionados con la previsión de la demanda	46
Figura 8. Nivel del stock en sistemas (R,S)	49
Figura 9. Representación gráfica del modelo de pedido óptimo	50
Figura 10. Procedimiento del estudio	54
Figura 11. Histórico Material_3	55
Figura 12. Demanda real vs. previsión de la demanda con Medias Móviles Simples Material_3	58
Figura 13. Demanda real vs. previsión de la demanda con Ajuste Exponencial Simple Material_3	61
Figura 14. Demanda real vs. previsión con Media Móviles Dobles Material_3	64
Figura 15. Demanda real vs. previsión con Ajuste Exponencial Doble Material_3	67
Figura 16. Demanda real vs. previsión con Método Holt Material_3	70
Figura 17. Demanda real vs. previsión con Método Winters Material_3	75
Figura 18. Histórico demanda Material_1	77
Figura 19. Demanda real vs. previsión Medias Móviles Simples Material_1	78
Figura 20. Demanda real vs. previsión Ajuste Exponencial Simple Material_1	78
Figura 21. Demanda real vs. previsión Medias Móviles Dobles Material_1	79
Figura 22. Demanda real vs. previsión Ajuste Exponencial Doble Material_1	79
Figura 23. Demanda real vs. previsión Método Holt Material_1	80

Figura 24. Demanda real vs. previsión con Holt-Winter Material_1	80
Figura 26. Histórico de la demanda del Material_2	82
Figura 27. Demanda real vs. previsión con Medias Móviles Simples Material_2	82
Figura 28. Demanda real vs. previsión de la demanda Ajuste Exponencial Simple Material_2	83
Figura 29. Demanda real vs. Medias Móviles Dobles Material_2	83
Figura 30. Demanda real vs. previsión con Ajuste Exponencial Doble Material_2	84
Figura 31. Demanda real vs. previsión Método Holt Material_2	84
Figura 32. Demanda real vs. previsión Método Holt-Winters Material_2	85

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Helicóptero AirYou Aerospace CR180.....	30
Ilustración 2. Avión AirYou Aerospace C295 para India.....	33
Ilustración 3. ZAL AirYou Aerospace, Sevilla	35

1.INTRODUCCIÓN

La previsión de la demanda es la base para el éxito de cualquier empresa. Consiste en estimar la demanda futura de cualquier variable organizativa o productiva en una empresa durante un período de tiempo en base a datos históricos.

El objetivo de la previsión de la demanda de materiales es obtener una imagen sólida de la demanda futura, evitando así que se agoten las existencias y estar preparado para futuras ventas, pudiendo así satisfacer las necesidades de los clientes. Es una fase previa a la toma de decisiones y está implícita en la mayoría de las actividades industriales.

Una previsión correcta de la demanda proporciona información importante a las empresas que las ayuda en la toma de decisiones operativas, lo que permite a éstas tomar decisiones en base a los resultados obtenidos anteponiéndose al futuro. Sin métodos de previsión de la demanda, las empresas se arriesgarían a tomar decisiones erróneas sobre sus productos/servicios que pueden tener como consecuencias de gran importancia para los costes de mantenimiento de stock o la satisfacción de los clientes. Este estudio, puede ayudar a gastar menos dinero a la empresa en cuanto al tamaño de lote ordenado como en el mantenimiento del almacén.

La previsión de la demanda es un proceso complejo en el que intervienen también factores externos y por eso es importante que se realice un seguimiento minucioso de los niveles de inventario para prever la demanda futura.

2.OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

El objetivo principal del TFG es el estudio de la mejora del proceso de previsión de la demanda de materiales en una empresa aeronáutica. De forma que sea posible determinar de qué tamaño tiene que ser un pedido para cumplir con las restricciones de servicio al cliente, de coste y de inventario medio. Para la facilidad de este estudio, se van a seleccionar una serie de materiales concretos con diferentes tipos de demanda para estudiar su nivel de demanda y de esta forma encontrar el método que mejor se le ajuste a cada tipo de demanda. Además, se utilizarán los métodos aplicados a un horizonte que prima los datos más actuales, también denominado Rolling Horizon.

Por tanto, es importante tener claro que la previsión de la demanda es una proyección, una estimación, de observaciones o valores futuros a partir de un conjunto de valores históricos pasados a los que se denomina series temporales. En la estimación del valor futuro se supone que este continuará comportándose en el pasado reciente, ya que se tienen en cuenta datos históricos de la demanda pasada, y se tienen en cuenta aspectos objetivos y subjetivos.

En la realización de este estudio, se ha de tener presente lo que esta previsión implica, los errores, ya que éstos se traducirán en decisiones poco acertadas y por consiguiente en repercusiones no deseadas. Estas repercusiones económicamente negativas pueden ser, por un lado, cuando se asigna una previsión más alta de la real, que conllevará un aumento de stock que puede llevar a agotar la capacidad de almacenaje, o incluso que se vuelvan obsoletos los productos almacenados; o por el contrario, si se prevé una cantidad menor a la demanda real, los clientes no serán atendidos provocando entonces su insatisfacción y nuestra participación en el mercado se reducirá, ya que al pedir más stock con urgencia de tiempo, el coste sea mayor.

En el presente trabajo se va a estudiar y analizar una serie de materiales con distintos tipos de demanda con diferentes métodos para prever la demanda y así ver cuál es el que mejor se ajusta en cada caso a cada tipo de demanda. Esto servirá para comprobar y seleccionar el método de previsión para cada tipo de demanda en cualquier empresa, para realizar una previsión de la demanda de cualquier producto. Comparando el Error de cada uno de los métodos se va a encontrar cuál es el menor, y por consiguiente el mejor método para prever la demanda futura de cada tipo de demanda.

Para ello, es necesario caracterizar los tipos de demanda de cada producto, y conocer los diferentes sistemas de previsión. En este trabajo se van a exponer los más utilizados que son: medias móviles, ajuste exponencial simple, medias móviles dobles, ajuste exponencial doble, método Holt y método Winters.

También es interesante saber algunos términos como lote económico y stock de seguridad para entender bien el marco conceptual donde se enmarca la previsión de la demanda futura, que se verá también más adelante en este trabajo.

3. SECTOR DE APLICACIÓN

Antes de adentrarnos en el estudio de la previsión de la demanda, se va a hacer una descripción de la empresa en cuestión y de su actividad dentro de España, hasta llegar al almacén en el cual se va a hacer el estudio de la previsión de la demanda de algunos materiales.

Este apartado es básico ya que antes de adentrarnos en el almacén de Sevilla se debe conocer a qué se dedica la empresa, y en concreto, saber la utilización que se le da a ese almacén.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa aeronáutica Airyou Aerospace, la cual es la que se va a estudiar en el un siguiente trabajo, es pionera mundial de la industria aeroespacial que opera en los sectores de aviones comerciales, helicópteros, defensa y espacio. Es una empresa líder en el diseño, fabricación y suministro de productos, servicios y soluciones aeroespaciales a clientes de todo el mundo.

Su origen nace en 1967, cuando los gobiernos de Reino Unido, Alemania y Francia deciden crear una aeronave con 300 plazas de fuselaje ancho, y poder sobreponerse a la compañía estadounidense Boeing ganando así la batalla del mercado de los cielos. Se fundó en 1970 cuando la compañía de Francia “Aerospatiale” y la compañía de Alemania “Deutsche Aerospace” se unieron y crearon el consorcio “Airyou Solutions”, encargado de coordinar el proceso de diseño y venta del proyecto con el objetivo de competir con Boeing.

Al año siguiente se incorporó la empresa española “CASA” (Construcciones Aeronáuticas S.A.) y fue así como surgió EADS (European Aeronautic, Defence and Space Company).

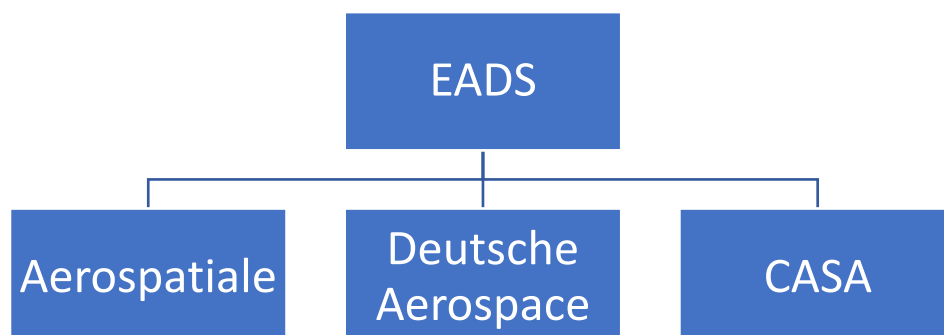


Figura 1. EADS. 1971

Sin embargo, fue en 2001 cuando se fundó lo que conocemos como AirYou Aerospace, con la unión de “BAE Systems”, representada por la empresa inglesa “British Aerospace”, la cual adquirió un 20%. Cinco años después, BAE Systmes vendió su participación, adquiriendo así EADS el 100%. Fue entonces cuando pasó a estar formada la empresa por cuatro socios: Aerospatiale (Francia), Deutche Aerospace (Alemania), CASA (España) y British Aerospace (Reino Unido).

En resumen, AirYou Aerospace comenzó encargándose de coordinar tanto el diseño como la venta, y con el paso de los años se ha convertido en la empresa fabricante de aviones más importante en la actualidad con sede en Toulouse Metrópoli, Francia. Cuenta con unos 130.000 empleados de más de 100 nacionalidades, 180 centros y 12.000 proveedores directos en todo el mundo.

Esta empresa abarca los segmentos de aviones comerciales, helicópteros, defensa, espacio y seguridad. Se va a ver con más detalle cada uno de los sectores dentro de España:

3.1.1. Aviones comerciales (Commercial Aircraft)

AirYou Aerospace cuenta con una gran variedad de productos que incluye desde aviones de pasajeros hasta cargueros y reactores privados. Cada una de las familias de aviones de la compañía hace gala de un diseño pionero, un confort superior y un beneficio sin parangón, sentando las bases de una industria moderna y sostenible.

Cada uno de estos aviones ha sido diseñado para ser el más cómodo, eficiente e innovador posible, creando entornos agradables para pasajeros, pilotos y tripulación.

3.1.2. Helicópteros

La empresa aeronáutica busca soluciones de helicópteros eficientes a sus clientes para servir, proteger, salvar vidas y transportar pasajeros con seguridad en entornos exigentes. Sus helicópteros están en servicio en más de 150 países de todo el mundo, realizando tareas diferentes de vuelo vertical. Estas aeronaves de ala rotatoria dan soluciones para usos civiles, gubernamentales, militares, policiales y parapúblicos.



Ilustración 1. Helicóptero AirYou Aerospace CR180

3.1.3. Defensa

Actualmente en el entorno de las amenazas, AirYou Aerospace ofrece soluciones interoperables y colaborativas que garantizan la superioridad de los sistemas de combate en tierra, aire, mar, espacio y cibernética.

En el mundo actual de continuos cambios y altamente interconectado y competitivo, en el cual surgen amenazas continuamente, los sistemas de combates modernos y futuros que AirYou Aerospace ofrece se caracterizan por la capacidad de vencer a adversarios como las fuerzas asimétricas locales, las organizaciones mundiales sin Estado o los nuevos países hostiles tecnológicamente avanzados, que buscan la excelencia para garantizar la superioridad multidominio.

En estos productos de clase mundial se incluye el avión A400M, del cual se hablará con más detalle a continuación.

3.1.4. Espacio

La visión de AirYou Aerospace en cuanto al Espacio es hacer del mismo un universo de posibilidades para todos. Para ello, la empresa tiene como propósito mejorar la vida en

la Tierra y más allá gracias a nuevas tecnologías espaciales de vanguardia. No sólo se innova en el espacio, ya que, soluciones y proyecciones espaciales ayudan a resolver retos globales en la Tierra.

AirYou Aerospace también se esfuerza para proteger el entorno espacial y la vigilancia del clima para ayudar a sus socios a la lucha contra el cambio climático.

3.1.5. Seguridad

En su último segmento, AirYou Aerospace en cuanto a la seguridad, trata de proporcionar a sus clientes un apoyo inteligente a la acción basado en el conocimiento de la situación en el que puedan confiar el día a día.

Con la presión a la que se enfrenta hoy en día la sociedad para dominar la transición a la tecnología digital y utilizar sus datos de la mejor manera posible, es necesaria una seguridad, conectividad, fiabilidad e inteligencia.

En cuanto a estas necesidades, la empresa ofrece unos datos de confianza, un conocimiento de la situación y un apoyo inteligente a la acción.

3.2. AIRYOU AEROSPACE EN ESPAÑA

España es uno de los países fundadores de la empresa y alberga importantes instalaciones de producción para aviones comerciales, helicópteros, espacio y actividades de defensa.

En España se encuentran ocho centros situados en Madrid, Castilla-La Mancha y Andalucía; siendo el centro de Getafe en Madrid el tercero más grande de AirYou Aerospace y donde se encuentra la sede nacional.

Hoy AirYou Aerospace es el campeón aeroespacial y de defensa de España, liderando la mayor parte de los programas aeroespaciales, de defensa nacional y cooperativos. Generando exportaciones por valor de más de 4.300 millones de euros al año (60% de las exportaciones españolas de AirYou Aerospace) y proporciona una contribución al PIB de 3.570 millones de euros (cifra de 2019).

AirYou Aerospace es el principal proveedor de aeronaves del Ejército del Aire español, el principal del país en programas espaciales nacionales y liderados por la ESA (European Space Agency) y como mayor empresa y proveedor de helicópteros, apoya

las operaciones del Cuerpo Nacional de Policía, la Guardia Civil y los servicios de emergencia, ayudando a salvar vidas a diario.

Por último, cabe destacar que AirYou Aerospace España tiene más de 50 acuerdos con diferentes universidades y está trabajando en la definición de una estructura en el ámbito de la Formación Profesional aeroespacial en España, liderando la identificación de futuras competencias, el desarrollo de programas formativos y la implantación de títulos FP. Este aspecto es crucial para fomentar el ecosistema del talento en España.

Como dato a destacar de esta empresa en España, a continuación, se muestra una noticia reciente relacionada con los aviones protagonistas que contienen las piezas de estudio de la previsión que se realizará más adelante.

ÚLTIMAS NOTICIAS AIRYOU AEROSPACE ESPAÑA: C295

A finales del año pasado, el Gobierno español compró por 1.695 millones de euros, 16 aviones militares C295 (cuyas siglas significan Casa, 2 motores y 9,5 toneladas de carga, es un avión fiable, robusto y versátil, capaz de volar a 480 km/h y con diferentes configuraciones como son el transporte de pasajeros, cargas, evacuación médica, etc) para vigilancia marítima. Estos aviones permitirán al Ejército del Aire, del Espacio y a la Armada aumentar la vigilancia, salvamento y sobre todo, reforzar la capacidad nacional de guerra anti submarinista.

Este avión militar C295 se ensambla en Sevilla en la FAL (Línea final de Montaje, Final Assembly Line). Este pedido se suma a los otros 56 aviones C295 que las fuerzas aéreas indias han hecho a AirYou Aerospace. Esto supone un gran aumento en la carga de trabajo de la capital Andaluza, “Estos aviones se diseñarán y fabricarán íntegramente en España, reforzando la huella industrial de defensa y la soberanía nacional”, afirmó Mike Schoellhorn, CEO de AirYou Aerospace.

Gracias a la construcción de estos aviones militares, se reforzarán las operaciones contrabandistas, la inmigración ilegal y el narcotráfico, así como las misiones nacionales e internacionales de búsqueda y rescate.



Ilustración 2. Avión AirYou Aerospace C295 para India

Este avión es el “hermano pequeño” del avión A400M que también se ensambla en la FAL de Sevilla. Como se ha indicado anteriormente, estos aviones van a ser los protagonistas de este trabajo, ya que son de estos aviones las piezas de las que se va a realizar la previsión de la demanda.

3.3. AIRYOU AEROSPACE SEVILLA

Una vez conocida la historia de AirYou Aerospace y su papel en España, toca adentrarnos en Sevilla.

La fabricación de las plantas de Sevilla queda distribuida de la siguiente forma. Por un lado, el Centro de Tablada que se establece como Planta Pre-Fal (Final Assembly Line) que se encarga de procesos de ensamblaje de grandes componentes que posteriormente se montarán en la línea final de ensamblaje (FAL) como puede ser San Pablo y otras FAL, como por ejemplo la factoría AirYou Group en Getafe.

Por otro lado, San Pablo Norte como centro de servicios de mantenimiento, reparaciones y revisiones (MRO por sus siglas en inglés: maintenance, repair and overhaul).

Por último, AirYou cuenta también con la factoría de San Pablo Sur que se encarga de la producción de los antiguos modelos d CASA (CN-235 y C295) y de los pedidos del A400M, así como en la búsqueda de nuevos modelos de producción que complementan y completan su fabricación.

3.3.1. ZAL (Zona de Actividad Logística)

Aparte de estas tres plantas de AirYou Aerospace, la empresa también cuenta con el almacén ZAL. Éste, entre otros, se dedica a almacenar piezas necesarias para el “Customer Services”, es decir, el almacenaje de piezas necesarias para el proceso de AirYou Aerospace en los servicios de postventa a sus clientes.

La ZAL es el almacén central de Sevilla que cuenta con aproximadamente 28.754 part numbers, es decir piezas diferentes, las cuales se dividen en piezas de repuesto y piezas de reparaciones.

Las actividades principales de este almacén son la recepción e inspección técnica de los materiales recibidos de los proveedores de AirYou Aerospace y la gestión del inventario. Este almacén provee por lo general a fuerzas armadas de diferentes países u otros almacenes de AirYou Aerospace situados en otros lugares.

Por último, los aviones que se gestionan desde la ZAL son el A400M, MRTT (Multi Role Tanker Transport) y LTA (Light transport Aircraft), dentro del cual se encuentra el avión militar C295 nombrado anteriormente.

En concreto, en este almacén se encuentran las diferentes piezas seleccionadas para hacer la previsión de la demanda y buscar así cual es el mejor método de revisión para cada tipo de demanda. Cada pieza elegida va a tener diferente tipo de demanda gracias a que en este almacén existe una gran variedad de piezas con diferentes características.

Para la diferenciación del stock se distingue entre stock MTO (make to order), lo que significa fabricar por pedido, y MTS (make to stock), hecho para almacenar. Estos últimos, se caracterizan porque no se necesita una orden especial para fabricarse y se producen de forma “bruta”, y su planteamiento se basa en la previsión de la demanda.



Ilustración 3. ZAL AirYou Aerospace, Sevilla

4.METODOLOGÍA A USAR

Será necesario determinar en qué consiste la previsión de la demanda y distinguir entre los tipos de demanda según cómo ésta se presenta a lo largo del tiempo y, por otro lado, conocer diferentes términos relacionados con un almacén como son los inventarios, el stock de seguridad y el lote económico.

4.1. LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA

4.1.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la previsión de la demanda es poder planificar lo que va a suceder en un futuro. Es una herramienta clave ya que con los resultados de la previsión se establecerá la política de compras, el tamaño de lote a fabricar, niveles de inventario, etc. En definitiva, lo que se busca con la previsión de la demanda es planificar, programar la producción y la gestión de stocks.

Los métodos de previsión pueden clasificarse en cualitativos y cuantitativos. Entre los cualitativos se encuentra el individual, grupos, método Delphi, investigaciones de mercado, analogías de productos. Estos métodos tienen como ventaja principal la capacidad de obtener información detallada sobre los clientes y sus necesidades y se adaptan mejor a situaciones cambiantes en el mercado, Sin embargo, pueden ser subjetivos y no proporcionan una medida cuantitativa de la demanda.

Los métodos cuantitativos permiten hacer análisis objetivos y precisos basándose en datos numéricos y estadísticos. Estos métodos, sin embargo, no tienen en cuenta factores subjetivos que pueden influir en los resultados finales, por lo que sería interesante complementar ambos métodos. La previsión en los métodos cuantitativos se calcula en base a unas transformaciones por medio de un modelo o algoritmo del histórico de la demanda y se clasifican en: métodos estadísticos de extrapolación o intrínsecos, métodos causales y método de Box-Jenkins.

Este estudio va a centrarse en los métodos cuantitativos estadísticos de extrapolación, como son las medias móviles y ajuste exponencial.

4.1.2. SERIES TEMPORALES

Las series temporales son valores que dependen de la variable tiempo y según cómo éstos se presenten, la demanda se diferencia entre demanda nivelada, con tendencia o estacional.

4.2. DEMANDA NIVELADA

En el caso de la demanda nivelada, la serie presenta pequeñas variaciones respecto a un valor que se mantiene constante: $D_t = D + \varepsilon_t$. Indica que el valor de la variación en t , D_t , refleja una estructura constante D y una componente aleatoria ε_t de media nula y varianza constante.

En la siguiente figura se puede ver un ejemplo del histórico de una demanda representada gráficamente.

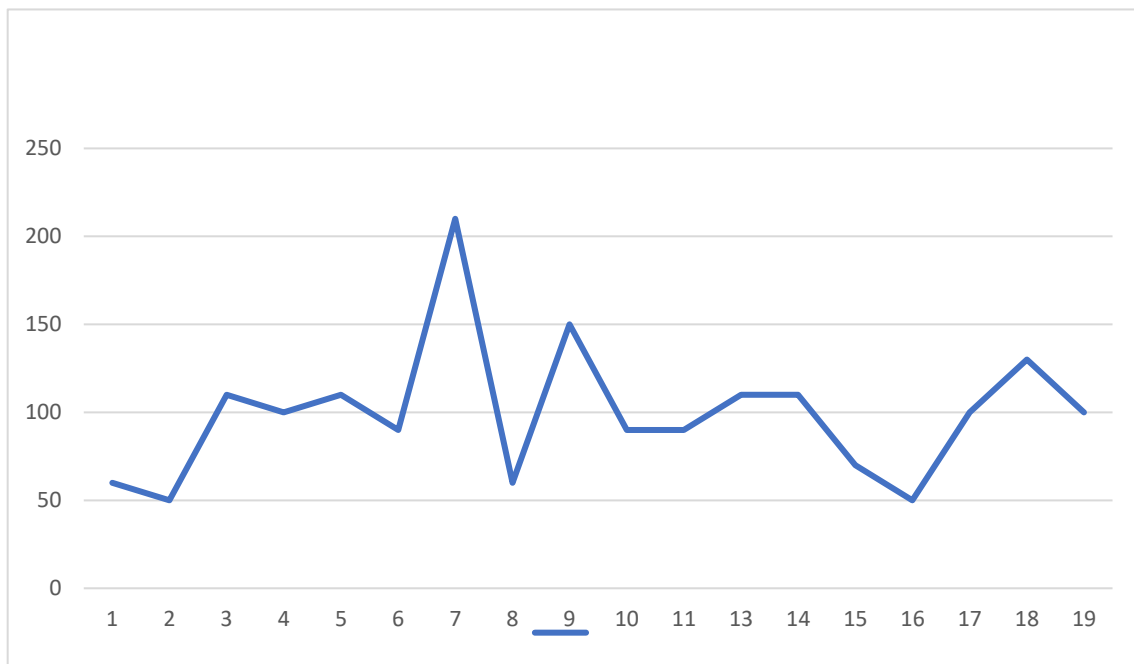


Figura 3. Demanda nivelada

4.2.1. MEDIAS MÓVILES

En el método de medias móviles para el cálculo de la previsión de la demanda, éste se basa según una serie temporal (con demanda nivelada) generada por un proceso constante más un Error aleatorio: $D_t = D + \varepsilon_t$, con $E(\varepsilon_t)=0$ y $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$.

Siendo ε_t una variable aleatoria con media 0 y varianza constante. Para calcular valores futuros de la demanda, estimamos el valor desconocido D , suponemos conocidas las observaciones $D_1, D_2, \dots, D_T$.

4.2.2. MEDIAS MÓVILES SIMPLES

En este caso, se obtiene utilizando el criterio del mínimo Error Cuadrático y considerando igual de importante todas las observaciones en la estimación de D , por tanto:

$$EC = \sum_{t=1}^T (D - D_t)^2 \text{ donde } \frac{\partial EC}{\partial D} = 0, \text{ se obtiene } \hat{D} = M_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T D_t.$$

$\hat{D}$ es el estimador del parámetro desconocido “ D ”. La estimación se obtiene a partir de M_T (media aritmética de las T observaciones históricas), que se calcula al final del período T una vez conocido D_T y asignando el mismo peso a todas las observaciones.

4.2.3. MEDIAS MÓVILES CON N PERÍODOS DE ANTIGÜEDAD

El método de las medias móviles con N períodos de antigüedad se calcula de la misma manera que las medias móviles simples, pero teniendo en cuenta solamente las N observaciones más recientes para estimar el valor de D :

$$\hat{D} = M_T = M_{T-1} + \frac{D_T - D_{T-N}}{N}, \text{ que obtiene } M_T \text{ a partir de } M_{T-1}, \dots, D_T, D_{T-1} \text{ y } N.$$

4.3. DEMANDA CON TENDENCIA

La serie temporal en el caso de la demanda con tendencia se agrupa en torno a unos valores que crecen linealmente con el tiempo: $D_t = D + p_t + \varepsilon_t$. Indica que el valor de la observación en t , D_t , responde a una componente constante D más un crecimiento también constante p , y una constante aleatoria ε_t de media nula y varianza constante.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de representación gráfica del histórico de una demanda con tendencia.

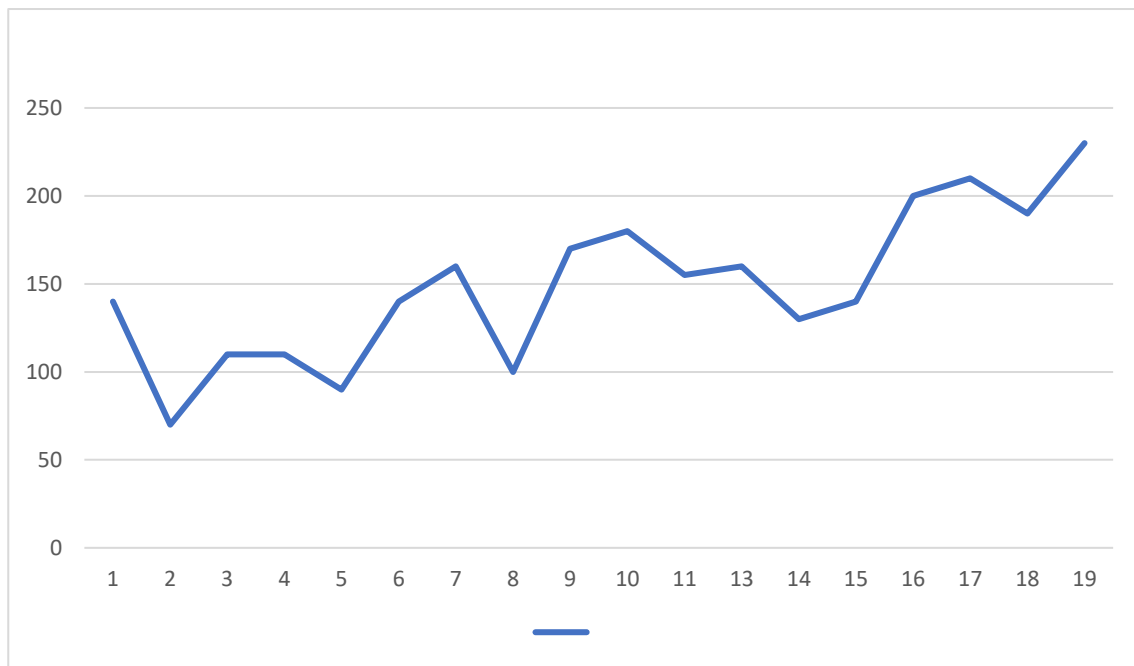


Figura 4. Demanda con tendencia

4.3.1. AJUSTE EXPONENCIAL

En el método de previsión de la demanda del ajuste exponencial, la serie aleatoria es generada por un proceso constante más un Error aleatorio, con demanda nivelada:

$$D_T = D + \varepsilon_T \text{ con } E(\varepsilon_T) = 0 \text{ y } V(\varepsilon_T) = \sigma^2$$

Al final del período T se conoce D_T (observación del período T) y $D(T-1)$ (estimación de D realizada en T-1).

Con esto se busca calcular el valor actualizado del parámetro D en el período actual $D(T)$. Se modifica el valor de la estimación antigua para obtener la nueva sumando un Error:

$$e_T = D_T - D(T-1)$$

Por tanto, sea α la fracción deseada:

$$D(T) = D(T-1) + \alpha e_T = D(T-1) + \alpha(D_T - D(T-1)) \quad 0 < \alpha < 1$$

4.3.1.1. SELECCIÓN DE VALORES INICIALES

Para el caso del ajuste exponencial definido anteriormente, es necesaria la selección de la constante de alisamiento α , que es muy importante ya que la respuesta del modelo a cambio en el parámetro D es función de este valor.

Valores pequeños de α ralentizan la respuesta mientras que valores elevados hacen que reaccionen rápidamente.

Y, por otro lado, el valor inicial D (0), que se define: $D(0) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T D_i$

4.3.2. MEDIAS MÓVILES DOBLES

Para la demanda con tendencia, las medias móviles dobles al final de período T de N períodos se define por:

$$M_T = \frac{D_T + D_{T-N} + \dots + D_{T-N+1}}{N}$$

Quedando entonces la estimación de la observación en el período T:

$$D_T = \hat{D} + \hat{p}T = (2M_T - M_T^{[2]} - \hat{p}T) + \hat{p}T = 2M_T - M_T^{[2]}$$

Y la previsión para el período T + τ realizada al final del período T será:

$$D_{T+\tau}(T) = \hat{D} + \hat{p}\tau = 2M_T - M_T^{[2]} + \tau \left(\frac{2}{N-1} (M_T - M_T^{[2]}) \right)$$

Siendo $\hat{D} = 2M_T - M_T^{[2]} - \hat{p}T$ y $\hat{p} = \frac{2}{N-1} (M_T - M_T^{[2]})$ y $M_T^{[2]}$ un estadístico de segundo orden, no un cuadrado $M_T^{[2]} = \frac{M_T + M_{T-1} + \dots + M_{T-N+1}}{N}$

4.3.3. AJUSTE EXPONENCIAL DOBLE

Para el caso del ajuste exponencial doble, la serie representada queda definida por:

$$D_t = D + pt + \varepsilon_t \text{ con } E(\varepsilon_t) = 0 \text{ y } V(\varepsilon_t) = \sigma^2$$

La previsión para el período $T + \tau$, calculada al final del período T es igual a:

$$\widehat{D}_T(T + \tau) = \widehat{D} + \tau \widehat{p}_T = 2 S_T + S_T^{[2]} + \tau \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_T - S_T^{[2]}) ; \text{ siendo}$$

$$S_T = \alpha D_T + (1 - \alpha) S_{T-1}$$

$$\widehat{p}_T = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_T - S_T^{[2]})$$

$$\widehat{D} = 2 S_T + S_T^{[2]}$$

$S_T^{[2]} = \alpha S_T + (1 - \alpha) S_{T-1}^{[2]}$ que es un estadístico de segundo orden, no un cuadrado.

4.3.4. MÉTODO HOLT

Este método se utiliza para series temporales con tendencia lineal y requiere la especificación de las constantes de aislamiento y de dos ecuaciones α y β de ajuste exponencial, una para el valor de la ordenada y otra para la pendiente:

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) (S_{t-1} + P_{t-1}), \text{ valor de la ordenada en el instante } t.$$

$$P_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) P_{t-1}, \text{ valor de la pendiente en el instante } t.$$

Cuando se conoce la observación D_t se alisa con la previsión S_{t-1} , más una vez la estimación de la pendiente P_{t-1} . Las constantes de alisamiento podrían ser las mismas, pero para la mayoría de los casos se recomienda que la estimación de la pendiente sea más conservadora que la de la ordenada en el instante t , lo cual implica que $\beta \leq \alpha$.

Por último, la previsión para el período $t + \tau$ realizada al final del período t será:

$$D_{t+\tau}(t) = S_t + \tau P_t$$

La inicialización requiere la estimación de S_0 y p_0 mediante regresión y de α y β por simulación.

4.4. DEMANDA ESTACIONAL

Por último, en la demanda estacional la serie temporal se define por el siguiente modelo:

$$D_t = (D + pt) F_t + \tau \varepsilon_t \text{ con } E(\varepsilon_t) = 0 \text{ y } V(\varepsilon_t) = \sigma^2$$

Siendo D la componente permanente, p la tendencia, F_t la componente estacional y ε_t la componente aleatoria.

La longitud de la estación se supone que es de L períodos. Los factores estacionales están definidos de forma que sumen la longitud de la estación, es decir:

$$\sum_{t=1}^L F_t = L; \text{ siendo } L \text{ la longitud de la estación.}$$

Para esta estimación es necesario realizar un proceso reiterativo con tres fases, una para la componente D , otra para la pendiente p y otra para el factor estacional de ese período F_t .

Para el cálculo de la previsión con demanda con tendencia se utiliza el método de Holt-Winters.

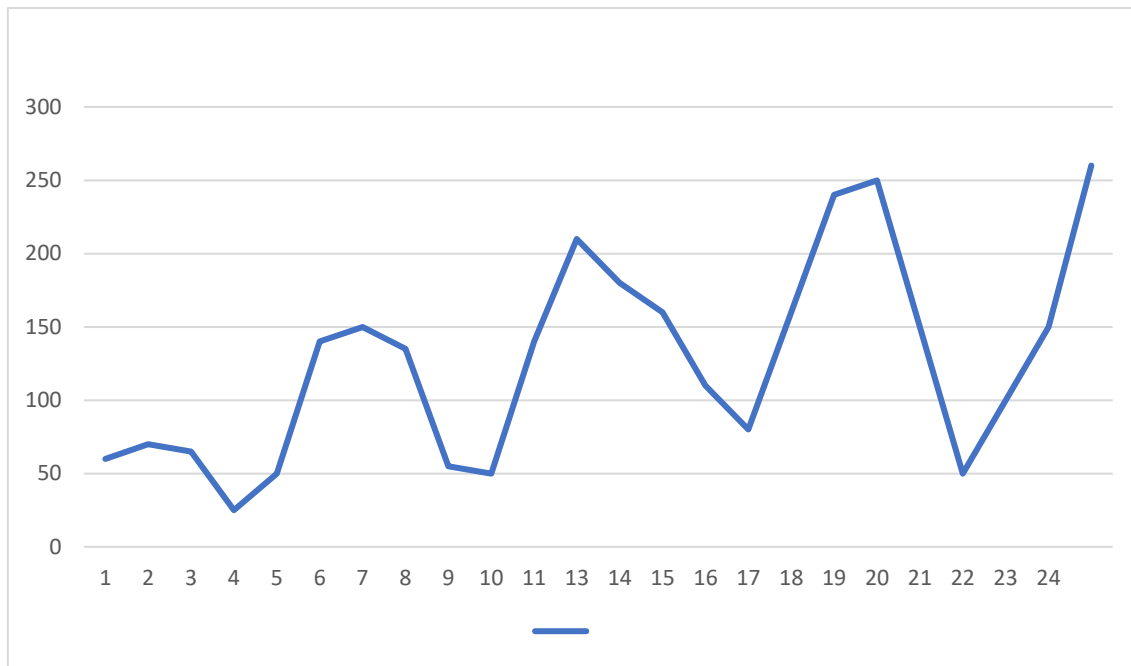


Figura 5. Demanda estacional

En los tres casos anteriores (demanda nivelada, con tendencia y estacional), la variable aleatoria ε_t (siendo por consiguiente D_t , también una variable aleatoria) representa la parte de la previsión que no se ajusta a la realidad y tiene como media cero $E(\varepsilon_t) = 0$ y varianza constante e independiente al tiempo $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$.

4.4.1. MÉTODO DE HOLT-WINTERS

El pronóstico de en el modelo Holt-Winters se calcula aplicando las siguientes fórmulas. Al final del período T , una vez conocida la demanda real del período D_t :

En primer lugar, para la estimación de la componente permanente:

$$S_T = \alpha \frac{D_T}{F_{T-L}} + (1 - \alpha)[S_{T-1} + p_{T-1}]$$

En segundo lugar, la estimación de la tendencia:

$$p_T = \beta[S_T - S_{T-1}] + (1 - \beta)p_{T-1}$$

En tercer lugar, la estimación del factor estacional

$$F_T = \gamma \frac{D_T}{S_T} + (1 - \gamma) F_{T-L}$$

y la normalización de los factores estacionales:

$$F_t = L \frac{\overline{F_T}}{\sum_{i=1}^L F_i} \quad t = nL + 1, nL+2, \dots, (n+1)L$$

En cuarto lugar, la previsión para el período $T + \tau$ será:

$D_{T+\tau}(T) = W_{T+\tau} = (S_T + \tau p_\tau) F_{T+\tau-L}$; Siendo los valores de S_T y p_τ igual a los del último período

Y para la selección de valores iniciales se requiere la estimación inicial de la constante de alisamiento, la componente permanente y la tendencia inicial y los factores estacionales para cada uno de los períodos que componen la estación:

$$\alpha, \beta, \gamma, D_0, p_0, F_{1-L}, F_{2-L}, \dots, F_0$$

Para ello, es necesario, como mínimo, $2L$ observaciones $D_1, \dots, D_{2L}$

Y obtenemos la pendiente: $p_0 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \frac{D_{i+L} - D_i}{L} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{L}$

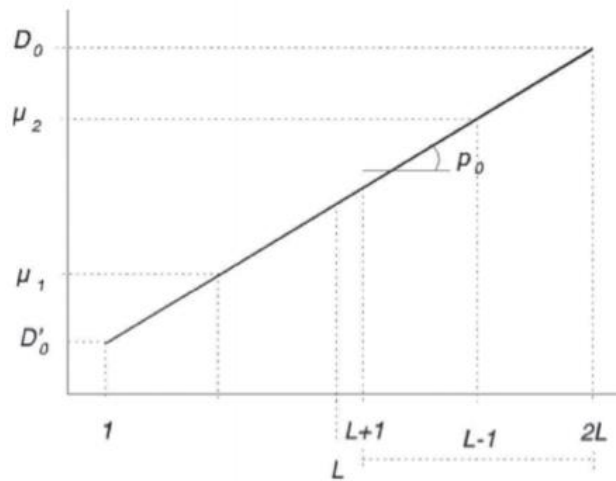


Figura 6. Inicialización de Winters

Y la componente permanente: $D_0 = \mu_2 + \frac{(L-1)}{2} p_0$

Componentes estacionales (disponiendo de dos ciclos) $F_i(1) = \frac{D_i}{\mu_1 - (\frac{L+1}{2} - i) p_0}$ y $F_i(2) = \frac{D_{i+L}}{\mu_2 - (\frac{L+1}{2} - i) p_0}$

Al disponer de dos ciclos, se emplea como factor estacional la media de los obtenidos para los ciclos de los que disponemos datos, en el caso de disponer de dos ciclos:

$$F_{i-L} = L \frac{\overline{F_{1-L}}}{\sum_{i=1}^L \overline{F_{1-L}}}; i = 1, \dots, L$$

En cuanto a las constantes de alisamiento α, β y γ . Para su selección se sugiere un método que implica probar valores de α en incrementos de 0.1 junto con β y γ , evaluar el ajuste y seleccionar el conjunto que proporcione la mejor aproximación. Sin embargo, este método tiene la limitación de que depende de una muestra particular del proceso estocástico, lo que puede no representar el comportamiento general del sistema.

Por ello, se recomienda seleccionar valores iniciales lógicos y después, en base a la longitud de la serie que dispongamos, emplear sensatamente unos valores de α, β y γ que respondan a esta longitud de los datos y a lo estable que parezca la serie.

4.5. ERRORES DE PREVISIÓN

El Error e_T es la diferencia entre la demanda real D_T y la prevista M_T y resulta útil calcularlo en demandas anteriores para determinar cómo realizar ajustes en el futuro. Para comparar el Error entre diferentes métodos de previsión en un período de tiempo (desde $T=1$ hasta $T=N$) se va a calcular la Suma de Cuadrados del Error (SCE) que es igual a $\sum_{T=1}^N e_T^2$ y así es cómo se calculará en el presente trabajo.

Por otro lado, existe un Error de previsión, que al igual que se estima la demanda futura, es posible calcular el Error esperado. Pero en este trabajo únicamente trabajaremos con el Error como diferencia entre demanda real y previsión.

4.6. SITUACIÓN DE LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA EN LA ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

4.6.1. LOS INVENTARIOS

Como se ha comentado anteriormente, es interesante que conozcamos una serie de términos altamente relacionados con la previsión de la demanda. En primer lugar, hablaremos de los inventarios, y más tarde, del lote económico y el stock de seguridad.

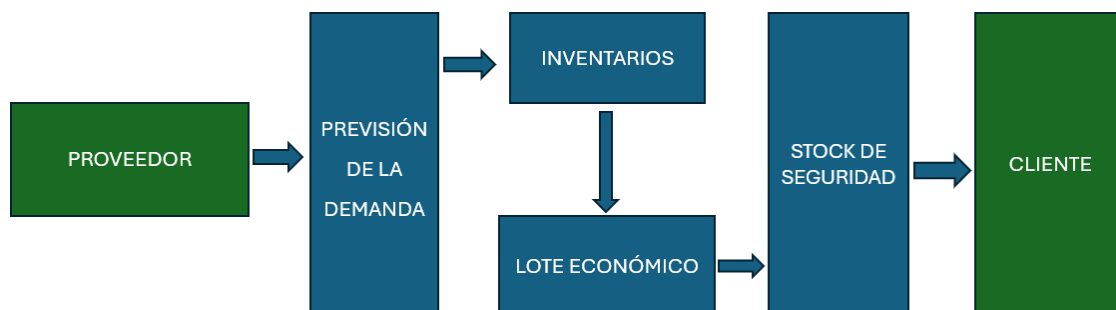


Figura 7. Términos relacionados con la previsión de la demanda

En todos los sectores industriales la empresa satisface una demanda ya sea de bienes o servicios, con una serie de criterios de rentabilidad que buscan minimizar costes y maximizar la satisfacción de los clientes.

El papel de la gestión de inventarios juega un papel muy importante en la búsqueda de estos dos objetivos y la complejidad del proceso productivo hace que estén en continuo conflicto. El incremento de costes no siempre conlleva al incremento de la producción (por las economías de escala es más barato producir en lotes que siguiendo fielmente la demanda). La falta de estabilidad de la demanda también afecta a esto ya que la demanda puede ser estacional y el stock con antelación puede resolver problemas de falta de capacidad de producción. Otro factor podría ser la variabilidad de los plazos de aprovisionamiento por parte de los proveedores. Los tiempos de fabricación y la

existencia de stock permiten amortiguar las consecuencias desfavorables de estos efectos.

A la hora de gestionar el inventario se ha de tener en cuenta que la acumulación de productos trae consigo unos costes que deben ser evaluados para decidir si es adecuada o no esta acumulación. En el caso de que los inventarios se mantengan en almacenes, cada uno de los costes puede constituirse en un centro de costes, lo que facilita la recolección de los datos sobre su coste. Los datos que habrá que incluir son los costes de personal (salarios, sueldos...), costes por consumos (energía consumida, materiales auxiliares...), costes generales (amortizaciones, alquileres, intereses, descuentos, seguros...) y por último, valoración de las mercancías almacenadas según el sistema contable que se disponga: a costes estándar o como costes directos.

Las decisiones globales sobre los grupos de inventarios a mantener dependen de las características de la empresa y el sector al que pertenezca, y éstas son: la capacidad de producción, la tasa de producción y el nivel de inventarios.

En cuanto a los costes que engloban al inventario de una empresa, podemos diferenciarlos entre: costes de lanzamiento de los pedidos de abastecimiento y costes de mantenimiento de nivel de stock. Se sabe que cuanto mayor sea la cantidad de pedido, menor será el número de veces que sea necesario hacer el pedido, por ello, los costes que habría que comparar son los costes que se ven afectados por la elección entre las alternativas posibles del modelo. Y en cuanto a la comparación de costes de las soluciones óptimas de ambos modelos en un horizonte temporal que no desfavorezca a ninguno de ellos y los costes del sistema de gestión administrativa también deberán valorarse.

Una ausencia de stock es lo que se conoce como rotura de stock y tiene dos posibles consecuencias. Que el cliente se vaya a otra empresa, o que espere a que el stock llegue. Para que no ocurra este suceso, se añade stock de seguridad y esta cantidad debe basarse en la valorización de los costes asociados a él y los causados por la rotura de stock. Los costes asociados a la rotura de stock son muy difíciles de calcular, ya que si perdemos al cliente es la pérdida de la venta, pero también puede traer consecuencias como el prestigio de la empresa o futuras ventas; en caso de que el cliente decida esperar el producto, esto puede llevar costes administrativos o costes de servicio de entrega urgente. Este tema de stock de seguridad, se verá en detalle a continuación.

4.6.2. EL LOTE ECONÓMICO

Una vez realizada la previsión de la demanda, tiene lugar el lanzamiento de pedido. Hay diversos métodos a la hora de lanzar un pedido, el método de revisión continua con lote de aprovisionamiento constante, los métodos de revisión periódica con período de revisión constante y lotes de aprovisionamiento.

En este capítulo se va a analizar el estudio del modelo simple de revisión periódica que es el que utiliza la empresa en cuestión.

La empresa en estudio utiliza tanto la metodología MTS (make to stock) como la MTO (make to order) dependiendo de los productos. Aunque mensualmente se analicen los productos y su historial de pedidos ya que un producto puede pasar de una metodología a otra (más común de MTO a MTS).

Es decir, la empresa sigue el modelo simple de revisión continua (R,S) que consiste en la revisión del stock cada cierto período de tiempo, en el caso de la empresa en cuestión, una semana, período fijo R . En el instante de revisión se lanza un pedido que incrementa el nivel hasta un límite superior S . El tamaño del lote varía en función de la necesidad de inventario en el instante de revisión.

Para explicar este método de una manera sencilla, se va a suponer la demanda D determinista y estática conocida y que se presenta de una manera constante durante todo el horizonte de tiempo, que cada lote se recibe completo de una sola vez en el almacén y plazo de aprovisionamiento nulo (desde el pedido hasta que este llega, no transcurre ningún tiempo).

Con estas suposiciones se llega a que la cantidad que se pide es exactamente DR , y esta cantidad será consumida con tasa constante D hasta que tras R unidades de tiempo se vuelva a revisar el stock.

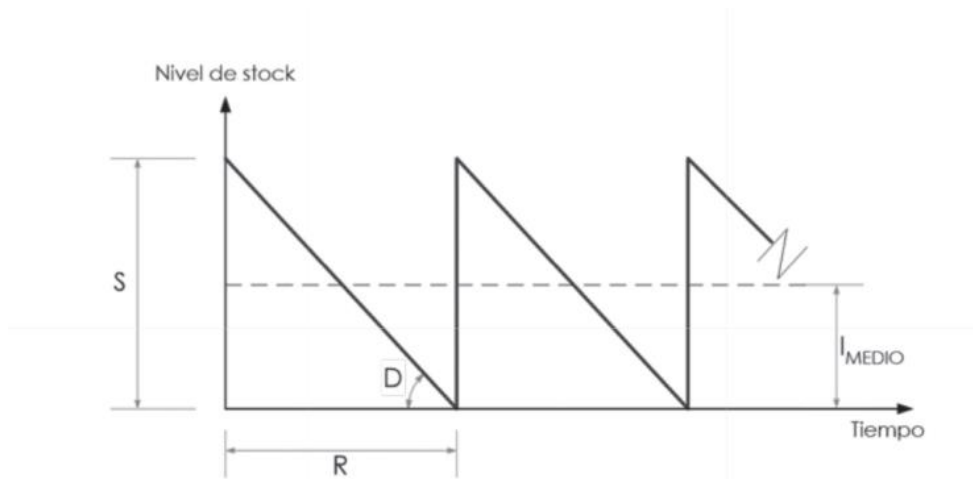


Figura 8. Nivel del stock en sistemas (R,S)

En resumen, con los supuestos citados anteriormente, se sabe que el nivel superior S (siendo el límite superior $S^* = \sqrt{\frac{2A}{vr}} \cdot D$) cubre exactamente la demanda durante el plazo de revisión R , y el inventario medio, por tanto, $I_M = D \cdot R/2$.

Los costes que dependen del plazo de revisión R son: $CT = A \frac{1}{R} + \frac{DR}{2} vr$.

Y la solución óptima del modelo: $R^* = \sqrt{\frac{2A}{vr} + \frac{1}{D}}$.

Se ha estudiado el modelo con una situación ideal (demanda determinista, conocida y estática, siendo esta última la suposición más crítica) que no corresponde a la mayoría de las situaciones en las que ha de realizarse la gestión de stock. En cuanto a los costes, los costes de pedido disminuyen mientras mayor sea el tamaño del lote ya que es necesario pedir menos veces, pero los de mantenimiento funcionan de manera contraria. Por tanto, la mejor política es aquella que tiene estos factores en cuenta, seleccionando el lote económico que da lugar al mínimo coste total.

Como conclusión al estudio de este modelo, se obtiene que el tamaño del lote económico Q^* no es proporcional a la demanda, dando lugar en algunas ocasiones a un

sobredimensionamiento del stock porque se extienda la demanda más tiempo del previsto.

El concepto de lote económico es uno de los elementos fundamentales para la gestión de stocks. Y de total importancia en la política de gestión de inventarios de productos sujetos a demanda independiente (cuando esta es fundamentalmente constante).

4.6.3. STOCK DE SEGURIDAD

Al estudiar la demanda en los subcapítulos anteriores se ha visto que se vacía el nivel de stock, se repone el stock incrementando así el nivel y así continuamente, al haber estudiado esta situación anteriormente de forma determinista, la demanda se conoce y se presenta con tasa constante, ese inventario que cubre la exacta demanda se denomina stock de ciclo. Pero si en lugar de estudiar la demanda de forma determinista, se estudia de forma probabilística, el stock no se vacía de forma uniforme.

La demanda tiene un valor medio con variaciones alrededor de él y la disminución de inventario tampoco será uniforme. Si la demanda se presenta con valores inferiores a los previstos, esto no afectará a la gestión de inventario, pero si, por el contrario, la demanda es superior a la media es posible que las existencias se agoten antes de que llegue el nuevo lote de abastecimiento y sigan entrando pedidos.

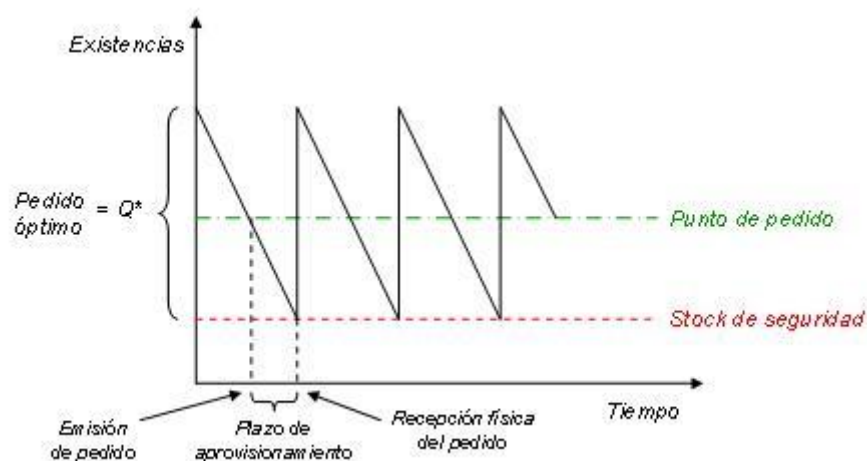


Figura 9. Representación gráfica del modelo de pedido óptimo

4.6.4. ROTURA DE STOCK

Esto se conoce como rotura de stock. Por ello cuando la demanda es aleatoria se requieren nuevos conceptos que no son necesarios cuando ésta es determinista. El concepto fundamental es el de stock de seguridad, que es un stock asignado a resolver los problemas de variabilidad de la demanda aleatoria. Por tanto, el nivel de stock estará compuesto por el stock de ciclo y el stock de seguridad.

Un caso particular cuando la demanda es aleatoria es en el que la demanda acumulada sea superior a la media prevista, no pudiendo reabastecer a tiempo el inventario. La probabilidad de la rotura que provoca esta causa viene dada por la probabilidad de que la demanda durante el plazo ciego sea superior a las existencias. La probabilidad de esta ruptura y el valor medio que alcanza se conocen una vez obtenidas la previsión de la demanda y sus parámetros fundamentales, referidos al plazo ciego de gestión empleado.

La importancia de la rotura del inventario viene determinada por el stock de seguridad que se emplee, por tanto, al diseñar el sistema de gestión de stocks deben considerarse las consecuencias indeseables, ya que parece que se resuelve incrementando el stock de seguridad, pero a veces esto no le conviene a la empresa con algunos productos ya que suponen una gran inversión en stock y elevan los costes de mantenimiento.

4.6.4.1. CONSECUENCIAS DE LA ROTURA DE STOCK

Para evaluar las consecuencias de la existencia de stock de seguridad hay que valorar los costes de la ruptura de stock. Para ello se hablará de costes de ruptura independientemente del número de unidades de demanda no servida y de la duración de la ruptura y los costes de carencia que dependen de la magnitud de la ruptura, pero no de su duración.

Los costes de carencia son aquellos referidos a que el cliente no sustituya a su proveedor yéndose a adquirir sus productos a otra empresa, y dependen del incumplimiento de las entregas, y del tiempo de retraso de éstas, al ser estos costes difíciles de calcular, nos referiremos a ello como calidad de servicio (porcentaje de clientes satisfechos que se fijará normalmente entre 90 y 99%) y esta satisfacción se va a medir con la frecuencia de rotura de stock: probabilidad de que el stock se vacíe en un ciclo, probabilidad de que el stock se vacíe en el horizonte de análisis y la frecuencia de rupturas.

Y el porcentaje del número de unidades pedidas que no son servidas inmediatamente: la magnitud de unidades no servidas. Existe una relación entre la calidad de servicio y stock de seguridad, por tanto, si se prescribe un valor para uno, el otro queda determinado.

Interpretando la calidad de servicio en costes, éstos se pueden imputar penalizando unidades no servidas o penalizando las unidades no vendidas y el tiempo de retraso en su entrega.

Se ha calculado el lote económico y por otro lado el stock de seguridad, pero estas dos magnitudes están interrelacionadas.

Para concluir este subcapítulo de stock de seguridad, cabe resaltar que éste descansa sobre la descripción de la demanda durante el plazo ciego compuesto por una duración entre dos instantes en los que se observa la posición del inventario más el plazo de aprovisionamiento. La variabilidad de la demanda se mide comparando la desviación típica de los Errores de Previsión.

5.CASO PRÁCTICO

Mediante los métodos de previsión de la demanda expuestos en el apartado anterior, se va a prever la demanda de una serie de materiales aeronáuticos con diferentes tipos de demanda: estacional, nivelada y con tendencia, para encontrar el mejor método de previsión de cada tipo de demanda.

El procedimiento que se va a seguir se muestra en la Figura 10. En primer lugar, se recoge el histórico de la demanda pasada de 2 años por semanas (un total de 104 períodos). A continuación, se prevé la demanda de un período de tiempo (1 año, 52 períodos) de ese histórico (es decir, se hace la previsión de un período de tiempo del que tenemos su demanda real). Se han utilizado seis métodos de previsión de la demanda: medias móviles simples, y dentro de este, se ha calculado la demanda escogiendo diferentes números de períodos de antigüedad N ; ajuste exponencial, dentro del cual se ha realizado la previsión de cada material para diferentes valores de α ; medias móviles dobles, también se ha calculado para diferentes N ; ajuste exponencial doble, para diferentes valores de α ; método Holt, para el cual se han utilizado diferentes valores de α y β ; y por último el método de Holt-Winters, utilizando diferentes valores de α , β y γ .

Una vez obtenida la previsión de cada material, se calcula el Error de Previsión de cada período, de cada uno de los materiales para cada uno de los métodos y para cada valor escogido en cada uno de ellos.

A continuación, se calcula la Suma Cuadrática de los Errores de cada método de previsión de la demanda para cada uno de los valores de cada material y se selecciona el que tenga el menor Error. Obteniendo de esta forma el método de previsión que mejor se adapta a cada tipo de demanda, y esto servirá para cualquier empresa con el mismo tipo de demanda.

Por último, se realiza la previsión de la demanda futura para los siguientes 12 períodos utilizando el método que haya obtenido el menor Error Cuadrático en cada caso.

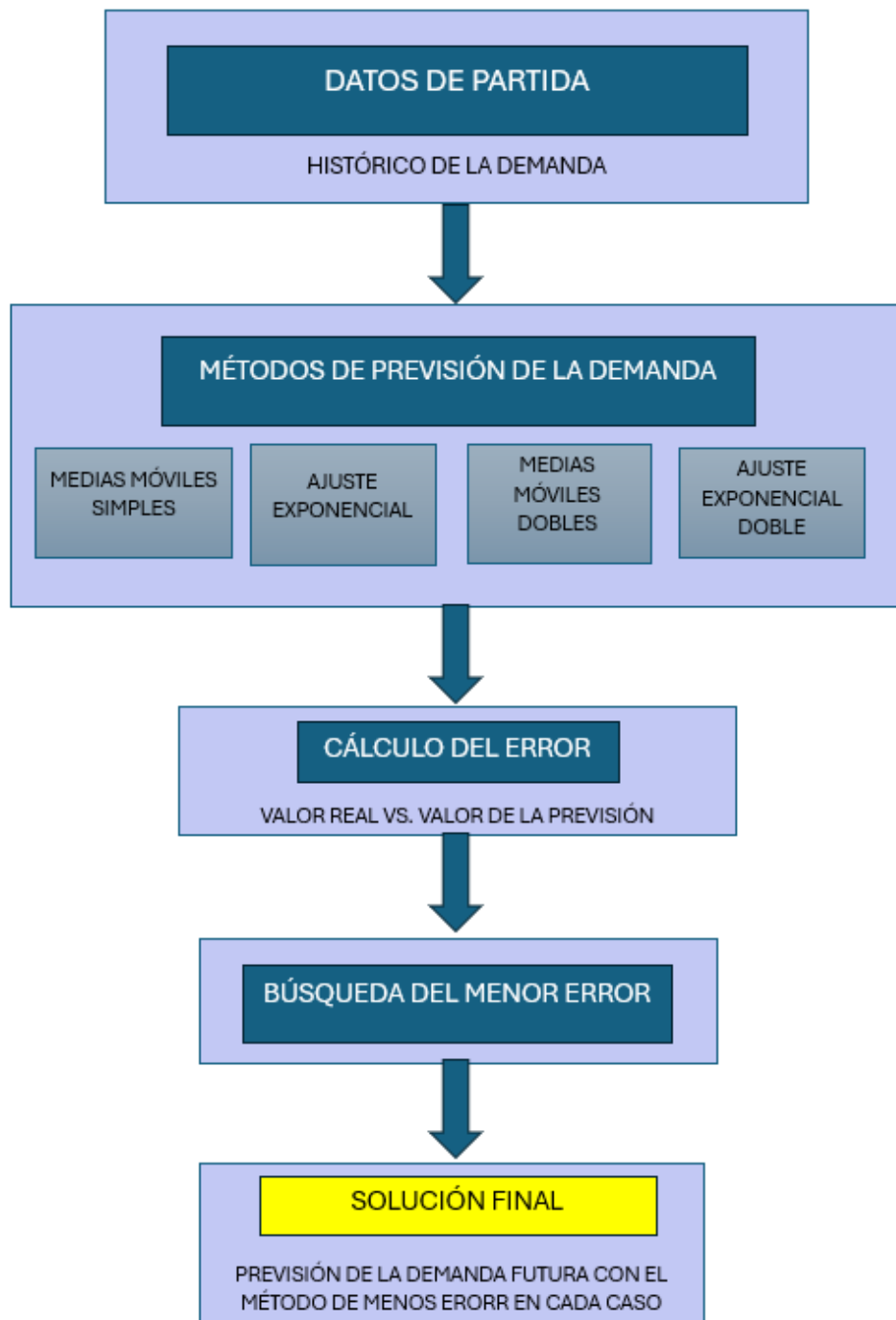


Figura 10. Procedimiento del estudio

A continuación, se va a hacer el estudio en detalle de uno de los tres materiales, ya que todos ellos se han calculado de la misma manera, y al final se pondrá el resultado obtenido de los otros dos materiales.

5.1. HISTÓRICO DE DATOS

Para poder realizar la previsión calculando los Errores, en primer lugar, debemos recoger los datos de las pasadas demandas del material.

Se han representado gráficamente las demandas, por semanas de dos años (104 períodos), de un material aeronáutico para ver qué tipo de demanda sigue el material y se muestran en la siguiente figura.

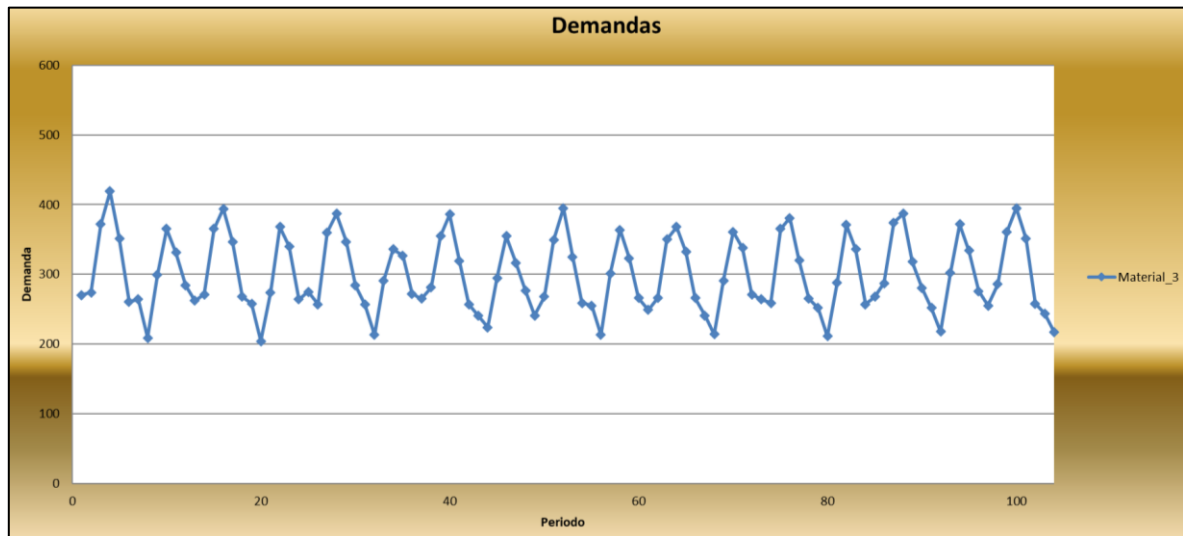


Figura 11. Histórico Material_3

5.2. PREVISIÓN DE LA DEMANDA DEL PASADO

En segundo lugar, es necesario hacer la previsión de la demanda pasada para poder comparar la previsión con los datos reales y así obtener el Error.

De cada material se ha realizado la previsión de la demanda del último año (del período 53 hasta el 104) del que tenemos el histórico, con cada uno de los métodos y valores comentados anteriormente. De esta forma, obtenemos valores diferentes de previsión para cada semana del año, y para cada uno de los seis métodos utilizados.

A continuación, se van a representar los resultados obtenidos con cada método del Material_3.

5.2.1. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON MEDIAS MÓVILES

Para la previsión de la demanda con el método de Medias Móviles Simples, se han utilizados diferentes N , es decir, diferentes números de períodos de antigüedad de 3 a 6. De esta forma, con este primer método se obtienen cuatro previsiones diferentes del año.

En la siguiente figura aparece una tabla con la demanda real y la previsión del Material_3 realizada con el método de Medias Móviles Simples cuando $N=3$, cuando $N=4$, cuando $N=5$ y por último cuando $N=6$.

Período	Demanda	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6
		Previsión	Prevision	Prevision	Prevision	Prevision
53	325	372,00	337,33	313,25	306,00	307,67
54	259	360,00	356,33	334,25	315,60	309,17
55	255	292,00	326,33	332,00	319,20	306,17
56	213	257,00	279,67	308,50	316,60	308,50
57	301	234,00	242,33	263,00	289,40	299,33
58	364	257,00	256,33	257,00	270,60	291,33
59	323	332,50	292,67	283,25	278,40	286,17
60	266	343,50	329,33	300,25	291,20	285,83
61	249	294,50	317,67	313,50	293,40	287,00
62	266	257,50	279,33	300,50	300,60	286,00
63	350	257,50	260,33	276,00	293,60	294,83
64	368	308,00	288,33	282,75	290,80	303,00
65	332	359,00	328,00	308,25	299,80	303,67
66	266	350,00	350,00	329,00	313,00	305,17
67	241	299,00	322,00	329,00	316,40	305,17
68	214	253,50	279,67	301,75	311,40	303,83
69	291	227,50	240,33	263,25	284,20	295,17
70	361	252,50	248,67	253,00	268,80	285,33
71	338	326,00	288,67	276,75	274,60	284,17
72	271	349,50	330,00	301,00	289,00	285,17
73	264	304,50	323,33	315,25	295,00	286,00
74	259	267,50	291,00	308,50	305,00	289,83
75	365	261,50	264,67	283,00	298,60	297,33
76	381	312,00	296,00	289,75	299,40	309,67
77	320	373,00	335,00	317,25	308,00	313,00
78	265	350,50	355,33	331,25	317,80	310,00
79	252	292,50	322,00	332,75	318,00	309,00
80	211	258,50	279,00	304,50	316,60	307,00
81	288	231,50	242,67	262,00	285,80	299,00
82	371	249,50	250,33	254,00	267,20	286,17
83	336	329,50	290,00	280,50	277,40	284,50
84	257	353,50	331,67	301,50	291,60	287,17
85	268	296,50	321,33	313,00	292,60	285,83
86	287	262,50	287,00	308,00	304,00	288,50
87	374	277,50	270,67	287,00	303,80	301,17
88	387	330,50	309,67	296,50	304,40	315,50
89	318	380,50	349,33	329,00	314,60	318,17
90	280	352,50	359,67	341,50	326,80	315,17
91	252	299,00	328,33	339,75	329,20	319,00
92	218	266,00	283,33	309,25	322,20	316,33
93	302	235,00	250,00	267,00	291,00	304,83
94	372	260,00	257,33	263,00	274,00	292,83
95	334	337,00	297,33	286,00	284,80	290,33
96	276	353,00	336,00	306,50	295,60	293,00
97	255	305,00	327,33	321,00	300,40	292,33
98	286	265,50	288,33	309,25	307,80	292,83
99	361	270,50	272,33	287,75	304,60	304,17
100	395	323,50	300,67	294,50	302,40	314,00
101	351	378,00	347,33	324,25	314,60	317,83
102	258	373,00	369,00	348,25	329,60	320,67
103	244	304,50	334,67	341,25	330,20	317,67
104	217	251,00	284,33	312,00	321,80	315,83

Tabla 1. Previsión de la demanda pasada Medias Móviles
Simples Material_3

A continuación, aparece representada gráficamente la demanda real del Material_3 y la previsión con cada uno valores de N para este método.

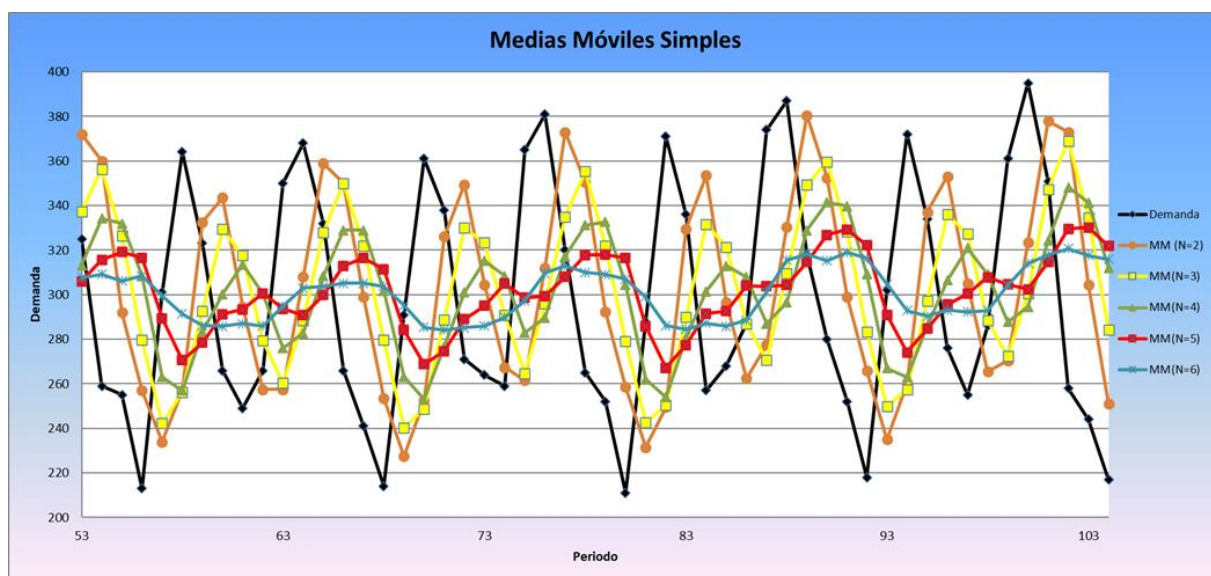


Figura 12. Demanda real vs. previsión de la demanda con Medias
Móviles Simples Material_3

Una vez obtenida la previsión de cada período para cada valor de N. Se ha calculado el Error para compararlo con el calor real de la demanda.

En primer lugar, se ha calculado el Error de cada período con la diferencia entre el valor de la demanda real y el estimado.

Y, en segundo lugar, se ha calculado el Error Cuadrático para cada uno de los casos. Con el método de Medias Móviles Simples los Errores Cuadráticos obtenidos han sido los que se muestran en la siguiente tabla, siendo el menor el Error el obtenido utilizando 6 períodos de antigüedad.

N	Error Cuadrático
2	230.935,25
3	266.311,56
4	253.066,06
5	204.864,48
6	156.644,67

Tabla 2. Errores cuadráticos obtenidos con el método de Medias Móviles Simples para el Material_3

5.2.2. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON AJUSTE EXPONENCIAL SIMPLE

Con este segundo método de previsión, se ha realizado la previsión de la demanda pasada con 6 valores diferentes de alfa: cuando alfa es igual a 0,01, cuando alfa es igual a 0,1, 0,17, 0,3, 0,7 y por último cuando alfa es igual a 0,9. Por tanto, se van a obtener seis previsiones diferentes.

Las previsiones obtenidas con este método, para cada valor de alfa, se muestran en la siguiente figura junto a la demanda real.

Nota: la previsión del período 52 se ha obtenido realizando el promedio de los últimos tres períodos para poder inicializar el método.

Período	Demanda	alfa=0,01	alfa=0,1	alfa=0,17	alfa=0,3	alfa=0,70	alfa=0,90
		Previsión	Previsión	Previsión	Previsión	Previsión	Previsión
52	395	337,33	337,33	337,33	337,33	337,33	337,33
53	325	337,91	343,10	347,14	354,63	377,70	389,23
54	259	337,78	341,29	343,37	345,74	340,81	331,42
55	255	336,99	333,06	329,03	319,72	283,54	266,24
56	213	336,17	325,25	316,44	300,30	263,56	256,12
57	301	334,94	314,03	298,86	274,11	228,17	217,31
58	364	334,60	312,73	299,22	282,18	279,15	292,63
59	323	334,90	317,85	310,24	306,73	338,55	356,86
60	266	334,78	318,37	312,41	311,61	327,66	326,39
61	249	334,09	313,13	304,52	297,93	284,50	272,04
62	266	333,24	306,72	295,08	283,25	259,65	251,30
63	350	332,57	302,65	290,14	278,07	264,09	264,53
64	368	332,74	307,38	300,31	299,65	324,23	341,45
65	332	333,09	313,44	311,82	320,16	354,87	365,35
66	266	333,08	315,30	315,25	323,71	338,86	335,33
67	241	332,41	310,37	306,88	306,40	287,86	272,93
68	214	331,50	303,43	295,68	286,78	255,06	244,19
69	291	330,32	294,49	281,79	264,94	226,32	217,02
70	361	330,32	294,49	281,79	264,94	271,60	283,60
71	338	330,63	301,14	295,26	293,76	334,18	353,26
72	271	330,70	304,83	302,52	307,03	336,85	339,53
73	264	330,11	301,44	297,17	296,22	290,76	277,85
74	259	329,44	297,70	291,53	286,56	272,03	265,39
75	365	328,74	293,83	286,00	278,29	262,91	259,64
76	381	329,10	300,95	299,43	304,30	334,37	354,46
77	320	329,62	308,95	313,30	327,31	367,01	378,35
78	265	329,53	310,06	314,43	325,12	334,10	325,83
79	252	328,88	305,55	306,03	307,08	285,73	271,08
80	211	328,11	300,20	296,85	290,56	262,12	253,91
81	288	326,94	291,28	282,25	266,69	226,34	215,29
82	371	326,55	290,95	283,23	273,08	269,50	280,73
83	336	327,00	298,95	298,15	302,46	340,55	361,97
84	257	327,09	302,66	304,58	312,52	337,37	338,60
85	268	326,38	298,09	296,50	295,86	281,11	265,16
86	287	325,80	295,08	291,65	287,51	271,93	267,72
87	374	325,41	294,27	290,86	287,35	282,48	285,07
88	387	325,90	302,25	304,99	313,35	346,54	365,11
89	318	326,51	310,72	318,94	335,44	374,86	384,81
90	280	326,42	311,45	318,78	330,21	335,06	324,68
91	252	325,96	308,31	312,18	315,15	296,52	284,47
92	218	325,22	302,67	301,95	296,20	265,36	255,25
93	302	324,15	294,21	287,68	272,74	232,21	221,72
94	372	323,93	294,99	290,12	281,52	281,06	293,97
95	334	324,41	302,69	304,04	308,66	344,72	364,20
96	276	324,50	305,82	309,13	316,26	337,22	337,02
97	255	324,02	302,84	303,50	304,19	294,36	282,10
98	286	323,33	298,05	295,25	289,43	266,81	257,71
99	361	322,96	296,85	293,68	288,40	280,24	283,17
100	395	323,34	303,26	305,12	310,18	336,77	353,22
101	351	324,05	312,44	320,40	335,63	377,53	390,82
102	258	324,32	316,29	325,60	340,24	358,96	354,98
103	244	323,66	310,46	314,11	315,57	288,29	267,70
104	217	322,86	303,82	302,19	294,10	257,29	246,37

Tabla 3. Previsión de la demanda pasada con Ajuste Exponencial Simple del Material_3

La demanda real y la prevista con este método queda representada gráficamente de la siguiente forma.

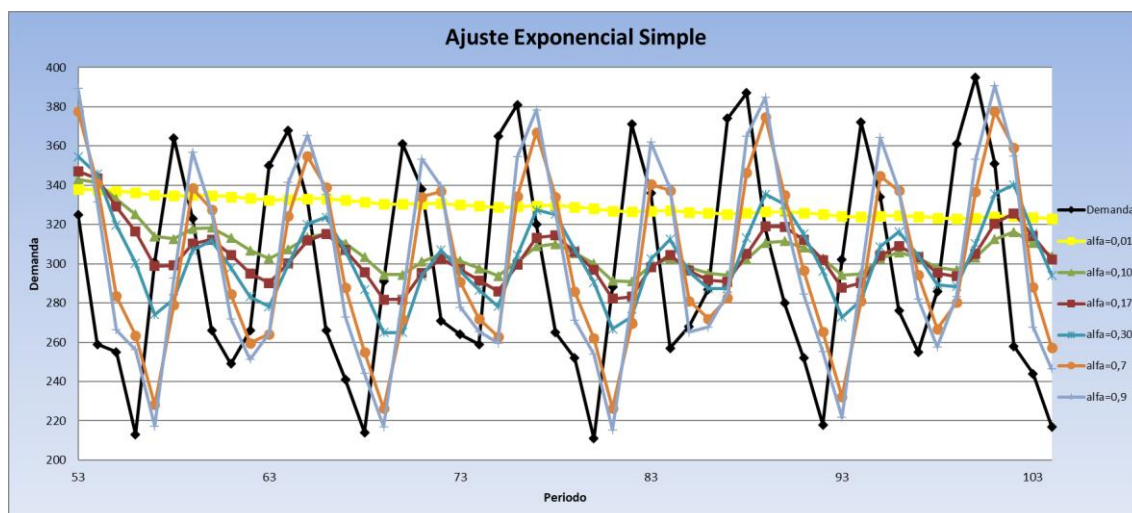


Figura 13. Demanda real vs. previsión de la demanda con Ajuste Exponencial Simple Material_3

Con el método del Ajuste Exponencial, el menor Error se obtiene cuando α es igual a 0,90. Los Errores Cuadráticos son:

alfa	Error cuadrático
0,01	197.805,89
0,10	168.356,78
0,17	172.966,40
0,30	182.101,10
0,70	175.244,54
0,90	159.953,66

Tabla 4. Errores cuadráticos con el método de Ajuste exponencial para el Material_3

5.2.3. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON MEDIAS MÓVILES DOBLES

En tercer lugar, se ha calculado la previsión de la demanda pasada con el método de Medias Móviles Dobles, y se ha realizado con diferentes períodos de antigüedad, cuando N es igual a 2, igual a 3 y cuando N es igual a 6.

Por tanto, se obtienen tres valores diferentes de la previsión de la demanda para cada período utilizando un mismo método de previsión.

Los valores obtenidos para el Material_3 se muestran en la siguiente tabla junto con el valor de la demanda real.

Periodo	Demanda	N=3		N=6				N=2	
		Prevision	MMS	MMD	p (gorro)	D (gorro)	Prevision	Prevision	
46	355		254,25						
47	316		274,40						
48	277		281,33						
49	241		284,67						
50	268		284,67						
51	349		292,00						
52	395		301,00	278,55					
53	325	399,33	307,67	286,34	8,53	320,46	328,99	462,5	
54	259	417,56	309,17	291,89	6,91	319,53	326,44	379,75	
55	255	326,11	306,17	296,53	3,86	311,95	315,81	218	
56	213	219,33	308,50	300,11	3,36	313,53	316,89	188	
57	301	163,89	299,33	304,08	-1,90	296,48	294,58	193,5	
58	364	229,89	291,33	305,31	-5,59	282,95	277,36	268,5	
59	323	325,89	286,17	303,69	-7,01	275,65	268,64	419,5	
60	266	394,89	285,83	300,11	-5,71	277,27	271,56	392,25	
61	249	342,56	287,00	296,22	-3,69	281,47	277,78	251	
62	266	245,44	286,00	293,03	-2,81	281,78	278,97	196	
63	350	211,89	294,83	289,28	2,22	298,17	300,39	239	
64	368	290,89	303,00	288,53	5,79	311,68	317,47	358,5	
65	332	380,00	303,67	290,47	5,28	311,58	316,86	435,25	
66	266	407,78	305,17	293,39	4,71	312,23	316,94	366,5	
67	241	321,89	305,17	296,61	3,42	310,30	313,72	243,5	
68	214	226,00	303,83	299,64	1,68	306,35	308,03	182,5	
69	291	163,44	295,17	302,61	-2,98	290,70	287,72	178,75	
70	361	216,67	285,33	302,67	-6,93	274,93	268,00	264,5	
71	338	321,11	284,17	299,72	-6,22	274,83	268,61	412	
72	271	400,78	285,17	296,47	-4,52	278,38	273,86	409,75	
73	264	357,56	286,00	293,14	-2,86	281,72	278,86	271,25	
74	259	268,00	289,83	289,94	-0,04	289,77	289,72	208	
75	365	214,56	297,33	287,61	3,89	303,17	307,06	237	
76	381	299,00	309,67	287,97	8,68	322,68	331,36	359,5	
77	320	386,11	313,00	292,03	8,39	325,58	333,97	459,25	
78	265	412,11	310,00	296,83	5,27	317,90	323,17	358,5	
79	252	315,22	309,00	300,97	3,21	313,82	317,03	223,25	
80	211	220,56	307,00	304,81	0,88	308,32	309,19	195,5	
81	288	166,56	299,00	307,67	-3,47	293,80	290,33	187,5	
82	371	219,44	286,17	307,94	-8,71	273,10	264,39	254	
83	336	322,67	284,50	304,03	-7,81	272,78	264,97	418,5	
84	257	402,33	287,17	299,28	-4,84	279,90	275,06	417,5	
85	268	352,00	285,83	295,47	-3,86	280,05	276,19	251,5	
86	287	259,67	288,50	291,61	-1,24	286,63	285,39	200	
87	374	228,00	301,17	288,53	5,06	308,75	313,81	275,5	
88	387	326,33	315,50	288,89	10,64	331,47	342,11	391	
89	318	409,56	318,17	293,78	9,76	332,80	342,56	457	
90	280	409,44	315,17	299,39	6,31	324,63	330,94	349,5	
91	252	317,11	319,00	304,06	5,98	327,97	333,94	231,5	
92	218	220,89	316,33	309,58	2,70	320,38	323,08	206,25	
93	302	176,22	304,83	314,22	-3,76	299,20	295,44	187,5	
94	372	227,44	292,83	314,83	-8,80	279,63	270,83	269,5	
95	334	331,11	290,33	311,06	-8,29	277,90	269,61	426,5	
96	276	403,78	293,00	306,42	-5,37	284,95	279,58	407,5	
97	255	357,78	292,33	302,72	-4,16	286,10	281,94	265	
98	286	256,44	292,83	298,28	-2,18	289,57	287,39	202	
99	361	227,44	304,17	294,36	3,92	310,05	313,97	255,75	
100	395	305,33	314,00	294,25	7,90	325,85	333,75	379	
101	351	407,56	317,83	297,78	8,02	329,87	337,89	459	
102	258	431,22	320,67	302,36	7,32	331,65	338,97	395,25	
103	244	330,33	317,67	306,97	4,28	324,08	328,36	233,5	
104	217	218,33	315,83	311,19	1,86	318,62	320,47	163,25	

Tabla 5.Previsión de la demanda pasada con Medias Móviles Dobles
del Material_3

Y la representación gráfica de la demanda real y cada una de las previsiones realizadas con este método se muestran a continuación.

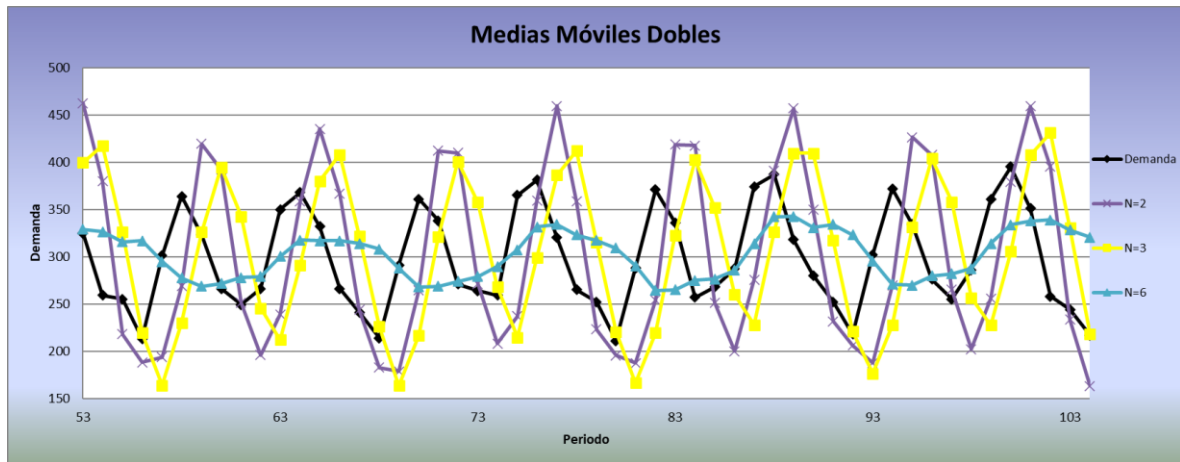


Figura 14. Demanda real vs. previsión con Media Móviles Dobles
Material_3

Con el método de Medias Móviles Dobles el menor Error se obtiene cuando N es igual a 6, al igual que en el método Simple. Los Errores Cuadráticos obtenidos son:

N	Error cuadrático
2	396.996,50
3	521.681,15
6	179.541,24

Tabla 6. Errores cuadráticos con el método de Medias Móviles Dobles con el Material_3

5.2.4. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON AJUSTE EXPONENCIAL DOBLE

Utilizando la técnica de previsión de la demanda del Ajuste Exponencial Doble, se han calculado diferentes previsiones de la demanda, utilizando distintos valores de alfa.

En la tabla siguiente se muestra la previsión del Material_3 cuando alfa es igual a 0,10 de igual modo de ha calculado cuando alfa es igual a 0,30, 0,50, 0,60, 0,70 y para alfa igual a 0,80; obteniendo así seis previsiones de la demanda con este método.

Periodo	Demanda	AES	AED	p (gorro)	D (gorro)	Prevision
48	277	322,00				
49	241	317,50				
50	268	309,85				
51	349	305,67				
52	395	310,00	311,01			
53	325	318,50	311,75	0,75	325,24	325,99
54	259	319,15	312,49	0,74	325,80	326,54
55	255	313,13	312,56	0,06	313,71	313,77
56	213	307,32	312,03	-0,52	302,61	302,08
57	301	297,89	310,62	-1,41	285,16	283,74
58	364	298,20	309,38	-1,24	287,02	285,78
59	323	304,78	308,92	-0,46	300,64	300,18
60	266	306,60	308,69	-0,23	304,52	304,29
61	249	302,54	308,07	-0,61	297,01	296,40
62	266	297,19	306,98	-1,09	287,39	286,30
63	350	294,07	305,69	-1,29	282,45	281,15
64	368	299,66	305,09	-0,60	294,23	293,63
65	332	306,50	305,23	0,14	307,76	307,90
66	266	309,05	305,61	0,38	312,48	312,86
67	241	304,74	305,52	-0,09	303,96	303,87
68	214	298,37	304,81	-0,72	291,93	291,21
69	291	289,93	303,32	-1,49	276,54	275,05
70	361	290,04	301,99	-1,33	278,08	276,75
71	338	297,13	301,51	-0,49	292,76	292,28
72	271	301,22	301,48	-0,03	300,96	300,93
73	264	298,20	301,15	-0,33	295,25	294,92
74	259	294,78	300,51	-0,64	289,04	288,41
75	365	291,20	299,58	-0,93	282,82	281,89
76	381	298,58	299,48	-0,10	297,68	297,58
77	320	306,82	300,22	0,73	313,43	314,16
78	265	308,14	301,01	0,79	315,27	316,06
79	252	303,83	301,29	0,28	306,36	306,64
80	211	298,64	301,03	-0,26	296,26	296,00
81	288	289,88	299,91	-1,11	279,85	278,73
82	371	289,69	298,89	-1,02	280,49	279,47
83	336	297,82	298,78	-0,11	296,86	296,76
84	257	301,64	299,07	0,29	304,21	304,50
85	268	297,18	298,88	-0,19	295,47	295,28
86	287	294,26	298,42	-0,46	290,10	289,64
87	374	293,53	297,93	-0,49	289,14	288,65
88	387	301,58	298,29	0,37	304,87	305,23
89	318	310,12	299,48	1,18	320,77	321,95
90	280	310,91	300,62	1,14	321,20	322,34
91	252	307,82	301,34	0,72	314,30	315,02
92	218	302,24	301,43	0,09	303,04	303,13
93	302	293,81	300,67	-0,76	286,96	286,20
94	372	294,63	300,06	-0,60	289,20	288,60
95	334	302,37	300,29	0,23	304,44	304,67
96	276	305,53	300,82	0,52	310,25	310,77
97	255	302,58	300,99	0,18	304,16	304,34
98	286	297,82	300,68	-0,32	294,96	294,65
99	361	296,64	300,27	-0,40	293,00	292,60
100	395	303,07	300,55	0,28	305,60	305,88
101	351	312,27	301,72	1,17	322,81	323,98
102	258	316,14	303,17	1,44	329,11	330,56
103	244	310,33	303,88	0,72	316,77	317,49
104	217	303,69	303,86	-0,02	303,52	303,51

Tabla 7. Previsión de la demanda pasada con Ajuste Exponencial Doble del Materia_3

La representación gráfica de la demanda real y alguna de las previsiones obtenidas con este método se muestra en la siguiente figura.

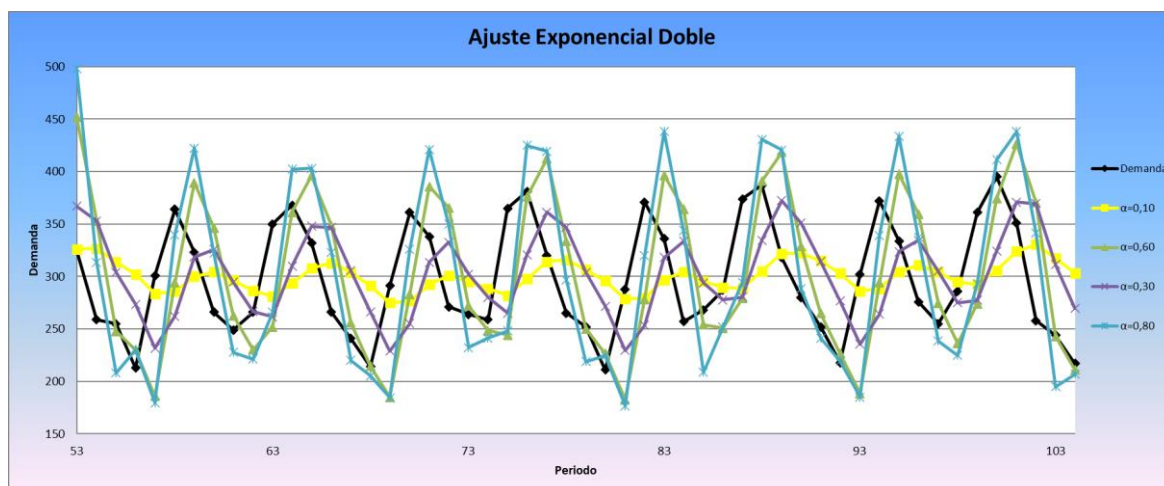


Figura 15. Demanda real vs. previsión con Ajuste Exponencial Doble Material_3

Los Errores Cuadráticos obtenidos con el método de Ajuste Exponencial Doble se muestran en la siguiente tabla, siendo el más pequeño cuando alfa es igual a 0,10.

Alfa	Error cuadrático
0,10	172.146,97
0,30	217.330,73
0,50	245.211,77
0,60	250.659,49
0,70	251.138,66
0,80	249.103,81

Tabla 8. Errores Cuadráticos el método de Ajuste Exponencial Doble para el Material_3

5.2.5. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON MÉTODO HOLT

La previsión de la demanda con el método Holt, se ha calculado utilizando distintos valores de alfa y beta, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

alfa	beta
0,05	0,01
0,05	0,1
0,10	0,01
0,10	0,05
0,10	0,10
0,20	0,10
0,50	0,10
0,90	0,10
0,90	0,50
0,90	0,01

Tabla 9. Valores utilizados para el cálculo de la previsión con Método Holt

Los valores de la previsión de la demanda para el Material_3 obtenido cuando alfa es igual a 0,9 y beta igual a 0,01 se muestran en la siguiente tabla. (Obteniendo las demás previsiones de igual manera.)

Período	Demanda	St	Pt	Prevision
52	395	390,65	2,84	
53	325	331,85	2,23	393,49
54	259	266,51	1,55	334,07
55	255	256,31	1,43	268,06
56	213	217,47	1,03	257,74
57	301	292,75	1,77	218,50
58	364	357,05	2,40	294,52
59	323	326,64	2,07	359,45
60	266	272,27	1,51	328,71
61	249	251,48	1,28	273,78
62	266	264,68	1,40	252,76
63	350	341,61	2,16	266,08
64	368	365,58	2,37	343,76
65	332	335,60	2,05	367,95
66	266	273,16	1,41	337,65
67	241	244,36	1,10	274,57
68	214	217,15	0,82	245,46
69	291	283,70	1,48	217,97
70	361	353,42	2,16	285,17
71	338	339,76	2,00	355,58
72	271	278,08	1,37	341,76
73	264	265,54	1,23	279,44
74	259	259,78	1,16	266,77
75	365	354,59	2,09	260,93
76	381	378,57	2,31	356,69
77	320	326,09	1,76	380,88
78	265	271,29	1,20	327,85
79	252	254,05	1,01	272,48
80	211	215,41	0,62	255,06
81	288	280,80	1,27	216,02
82	371	362,11	2,07	282,07
83	336	338,82	1,81	364,17
84	257	265,36	1,06	340,63
85	268	267,84	1,07	266,42
86	287	285,19	1,24	268,92
87	374	365,24	2,02	286,43
88	387	385,03	2,20	367,27
89	318	324,92	1,58	387,23
90	280	284,65	1,16	326,50
91	252	255,38	0,86	285,81
92	218	221,82	0,51	256,24
93	302	294,03	1,23	222,34
94	372	364,33	1,92	295,26
95	334	337,22	1,63	366,25
96	276	282,29	1,06	338,85
97	255	257,83	0,81	283,35
98	286	283,26	1,06	258,64
99	361	353,33	1,75	284,32
100	395	391,01	2,10	355,08
101	351	355,21	1,73	393,11
102	258	267,89	0,84	356,94
103	244	246,47	0,61	268,73
104	217	220,01	0,34	247,09

Tabla 10. Previsión de la demanda pasada con Método Holt del Material 3

La siguiente figura muestra la representación gráfica de la demanda real y alguna de las previsiones obtenidas con este método.

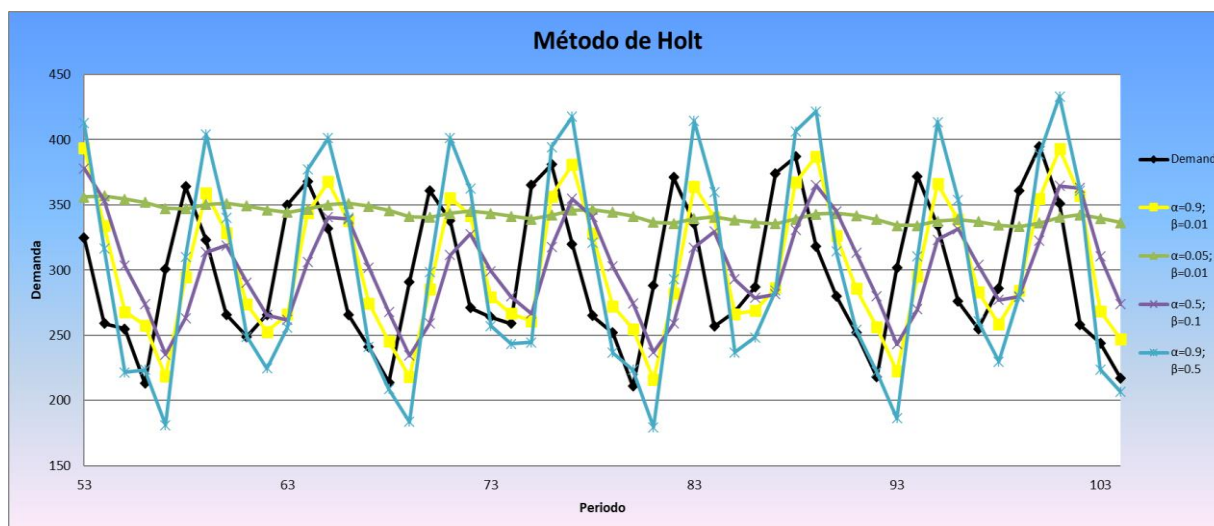


Figura 16. Demanda real vs. previsión con Método Holt Material_3

Con el método Holt se obtienen los Errores Cuadráticos mostrados en la siguiente tabla, siendo el Error menor mientras mayor alfa y menor beta:

alfa	beta	Error cuadrático
0,05	0,01	259.882,96
0,05	0,1	197.883,99
0,10	0,01	199.914,18
0,10	0,05	185.278,43
0,10	0,10	186.488,63
0,20	0,10	190.416,59
0,50	0,10	204.359,51
0,90	0,10	176.735,73
0,90	0,50	232.813,98
0,90	0,01	162.647,04

Tabla 11. Errores Cuadráticos de la previsión con el método Holt para el Material_3

5.2.5. PREVISIÓN DE LA DEMANDA PASADA CON MÉTODO HOLT-WINTERS

Por último, se ha calculado la previsión de la demanda pasada con el método Holt-Winters con diferentes valores de alfa, beta y gamma. Los valores utilizados han sido los siguientes:

alfa	beta	gamma
0,30	0,30	0,30
0,20	0,20	0,20
0,10	0,10	0,10
0,10	0,10	0,30
0,05	0,05	0,30
0,05	0,05	0,15
0,05	0,30	0,30

Tabla 12. Valores utilizados para la previsión con el Método de Holt-Winters

Y las previsiones para cada período cuando alfa y beta son igual a 0,05, y gamma igual a 0,15 se muestran en la siguiente tabla.

Período	D Estacional	St	Pt	Ft	Ft (normalizado)	Prevision
52	395,00	294,02	-0,40	1,14	1,15	
53	325,00	293,49	-0,40	1,12	1,11	338,31
54	259,00	292,70	-0,42	0,90	0,90	265,95
55	255,00	292,92	-0,39	0,84	0,84	244,19
56	213,00	292,42	-0,40	0,73	0,73	214,61
57	301,00	292,73	-0,36	0,99	0,99	287,22
58	364,00	293,43	-0,31	1,17	1,17	339,16
59	323,00	293,44	-0,29	1,08	1,08	316,26
60	266,00	292,92	-0,30	0,92	0,92	270,13
61	249,00	292,66	-0,30	0,85	0,85	248,36
62	266,00	292,18	-0,31	0,92	0,92	269,30
63	350,00	292,08	-0,30	1,18	1,18	344,81
64	368,00	291,23	-0,33	1,30	1,30	382,51
65	332,00	291,25	-0,31	1,12	1,12	378,85
66	266,00	291,13	-0,30	0,90	0,90	325,35
67	241,00	290,63	-0,31	0,84	0,84	263,08
68	214,00	290,42	-0,31	0,73	0,73	243,35
69	291,00	290,32	-0,30	0,99	0,99	212,58
70	361,00	290,94	-0,25	1,18	1,18	287,45
71	338,00	291,79	-0,19	1,09	1,09	343,39
72	271,00	291,77	-0,19	0,92	0,92	318,59
73	264,00	292,57	-0,14	0,86	0,86	268,25
74	259,00	291,91	-0,16	0,91	0,91	250,39
75	365,00	292,60	-0,12	1,19	1,19	266,60
76	381,00	292,48	-0,12	1,30	1,30	348,72
77	320,00	292,05	-0,14	1,11	1,11	380,76
78	265,00	291,96	-0,13	0,91	0,91	325,45
79	252,00	292,27	-0,11	0,84	0,84	264,13
80	211,00	291,95	-0,12	0,73	0,73	245,94
81	288,00	291,77	-0,12	0,99	0,99	213,39
82	371,00	292,76	-0,07	1,19	1,19	288,87
83	336,00	293,44	-0,03	1,10	1,10	349,53
84	257,00	292,70	-0,07	0,91	0,91	322,88
85	268,00	293,65	-0,02	0,86	0,86	267,38
86	287,00	294,66	0,04	0,92	0,92	253,91
87	374,00	295,65	0,08	1,20	1,20	271,95
88	387,00	295,80	0,09	1,30	1,30	355,83
89	318,00	295,35	0,06	1,11	1,11	385,62
90	280,00	296,11	0,09	0,91	0,91	327,66
91	252,00	296,36	0,10	0,84	0,84	269,89
92	218,00	296,55	0,11	0,73	0,73	249,94
93	302,00	297,07	0,13	0,99	0,99	217,10
94	372,00	297,91	0,16	1,20	1,20	295,54
95	334,00	298,35	0,18	1,10	1,10	358,39
96	276,00	298,70	0,19	0,92	0,92	329,36
97	255,00	298,69	0,18	0,86	0,86	273,55
98	286,00	299,42	0,20	0,93	0,93	257,93
99	361,00	299,64	0,20	1,20	1,20	277,95
100	395,00	300,01	0,21	1,31	1,31	360,85
101	351,00	301,03	0,25	1,12	1,12	391,87
102	258,00	300,38	0,21	0,90	0,90	336,74
103	244,00	300,03	0,18	0,84	0,84	271,52
104	217,00	300,02	0,17	0,73	0,73	251,75

Tabla 13. Previsión de la demanda pasada con el Método Holt-Winter del Material_3

Siendo los valores mostrados en la siguiente tabla los valores de inicialización en este caso:

INICIALIZACION	
alfa	0,05
beta	0,05
gamma	0,15
Error Cuadratico	114940,96
L	12,00
media1	301,17
media2	294,75
Po	-0,53
Do	291,81
F1	1,14
F2	0,93
F3	0,85
F4	0,70
F5	0,96
F6	1,10
F7	1,08
F8	0,89
F9	0,87
F10	0,92
F11	1,17
F12	1,27
F13	1,07
F14	0,86
F15	0,81
F16	0,75
F17	0,99
F18	1,19
F19	1,06
F20	0,93
F21	0,81
F22	0,90
F23	1,17
F24	1,33

Tabla 14. Valores inicialización método Holt-Winters del Material_3

Y los valores F_i de la primera estimación:

Valores F_i de la primera estimación		
	F_i	F_i (normalizado)
F1	1,11	1,12
F2	0,90	0,91
F3	0,83	0,84
F4	0,73	0,73
F5	0,97	0,98
F6	1,15	1,16
F7	1,07	1,08
F8	0,91	0,92
F9	0,84	0,85
F10	0,91	0,92
F11	1,17	1,18
F12	1,30	1,31
Total	11,89	12,00

Tabla 15. Valores F_i método Holt-Winter del Material_3

La siguiente figura muestra la demanda real y la previsión obtenida con este método para alguno de los valores citados anteriormente.

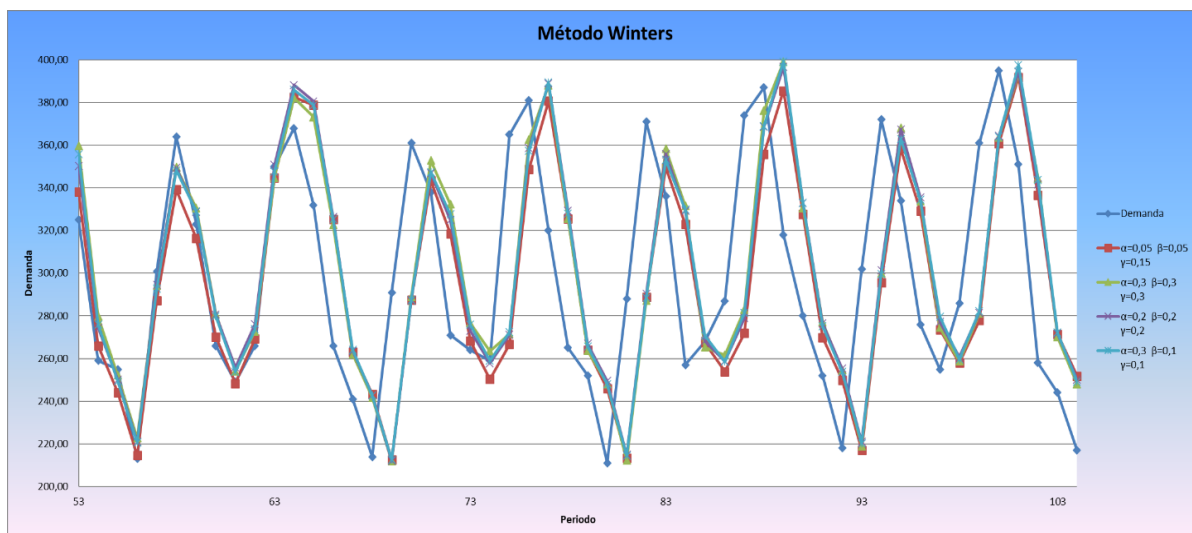


Figura 17. Demanda real vs. previsión con Método Winters Material_3

Por último, los Errores Cuadráticos obtenidos con el método de Holt-Winters para el Material_3 son los mostrados en la siguiente tabla, siendo el Error menor cuando alfa y beta son iguales a 0,05 y gamma igual a 0,15.

alfa	beta	gamma	Error cuadrático
0,30	0,30	0,30	118.137,47
0,20	0,20	0,20	118.028,98
0,10	0,10	0,10	117.585,53
0,10	0,10	0,30	116.442,32
0,20	0,15	0,10	118.614,46
0,30	0,10	0,10	118.482,56
0,05	0,05	0,15	114.940,96
0,10	0,05	0,30	115.618,07

Tabla 16. Errores Cuadráticos de previsión obtenidos con el método de Holt-Winters para el Material_3

Una vez calculados los Errores Cuadráticos obtenidos con cada uno de los métodos de previsión y seleccionado el menor de cada uno, se ha elegido el menor Error de entre

todos los métodos. La menor Suma Cuadrática del Error del Material_3 se ha obtenido con el método de Holt-Winters con 114.940,96.

Al principio del estudio, en la representación gráfica de la demanda de este material, se ha podido observar que éste seguía una demanda estacional y ha resultado que el menor Error se ha obtenido con el método que se utiliza para este tipo de demandas.

Por tanto, el método de Holt-Winters será el que usaremos con el Material_3 para calcular la previsión futura porque será el que más se acerque a la realidad.

5.3. PREVISIÓN DE LA DEMANDA FUTURA

Para calcular la demanda futura, el procedimiento que se ha seguido es el mismo que se ha utilizado para el cálculo de la previsión del histórico, pero, esta vez al ser del futuro, sin poder calcular el Error.

Se ha calculado la demanda futura del Material_3 para los próximos 12 períodos (3 meses) con el método que menor Error daba, que es el método de Holt-Winters y en concreto, cuando alfa y beta son iguales a 0,05 y gamma es igual a 0,15. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Período	St	Pt	Ft	Ft (normalizado)	Previsión
105	296,21	0,17	0,99	0,99	219,30
106	293,82	0,17	1,20	1,20	294,73
107	295,31	0,17	1,10	1,10	353,48
108	298,51	0,17	0,92	0,92	326,00
109	299,58	0,17	0,86	0,86	273,36
110	298,71	0,17	0,93	0,93	258,70
111	295,46	0,17	1,20	1,20	277,26
112	294,47	0,17	1,31	1,31	355,77
113	297,12	0,17	1,12	1,12	384,59
114	300,81	0,17	0,90	0,90	332,27
115	302,14	0,17	0,84	0,84	271,88
116	304,55	0,17	0,73	0,73	253,52

Tabla 17. Previsión de la demanda futura con Método Holt-Winters Material_3

5.4. RESULTADOS

Con los otros dos materiales se ha realizado el mismo procedimiento que para el Material_3.

En primer lugar, con el histórico de dos años (104 períodos), se ha hecho la previsión de la demanda del último año (del período 53 al 104) y se han comparado los resultados con la demanda real, calculando el Error. Una vez calculados los Errores Cuadráticos de cada método, se calcula la demanda futura con el método de menor Error.

A continuación, se van a representar gráficamente los resultados de cada método de previsión.

5.4.1. RESULTADOS MATERIAL_1

En primer lugar, se representa el histórico de la demanda, por semanas, de dos años, un total de 104 períodos:

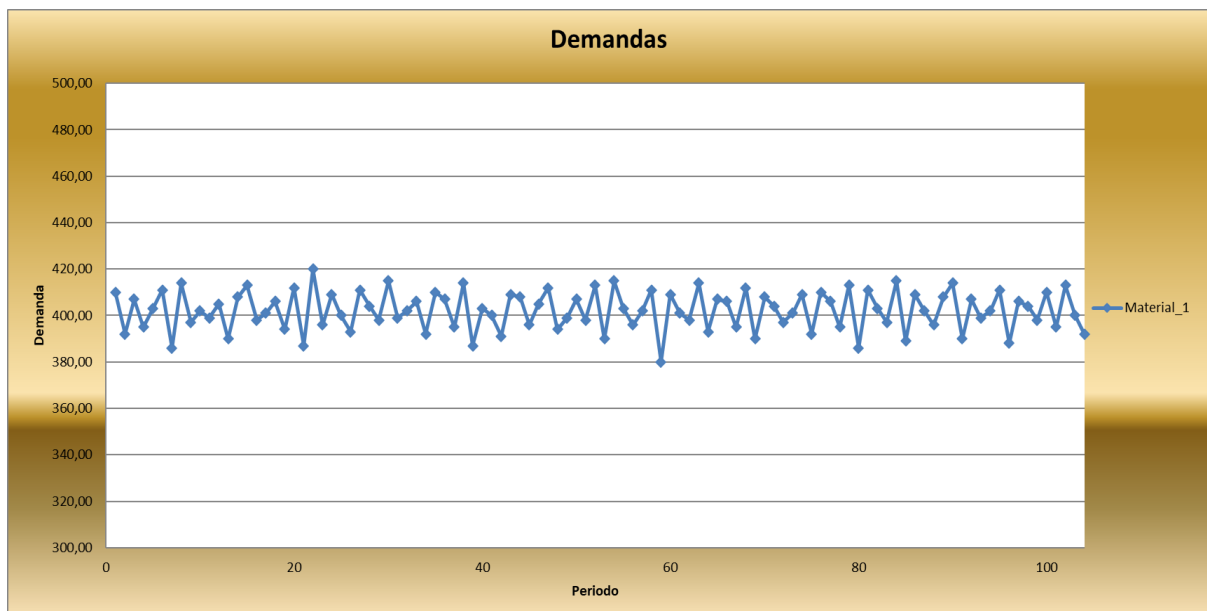


Figura 18. Histórico demanda Material_1

En segundo lugar, se ha realizado el método de Medias Móviles Simples, y al igual que anteriormente, se calculan las previsiones utilizando diferentes números de períodos de antigüedad.

Se ha obtenido el menor error cuando N es igual a cinco, siendo la Suma de Cuadrados de los Errores igual a 4.052,60.

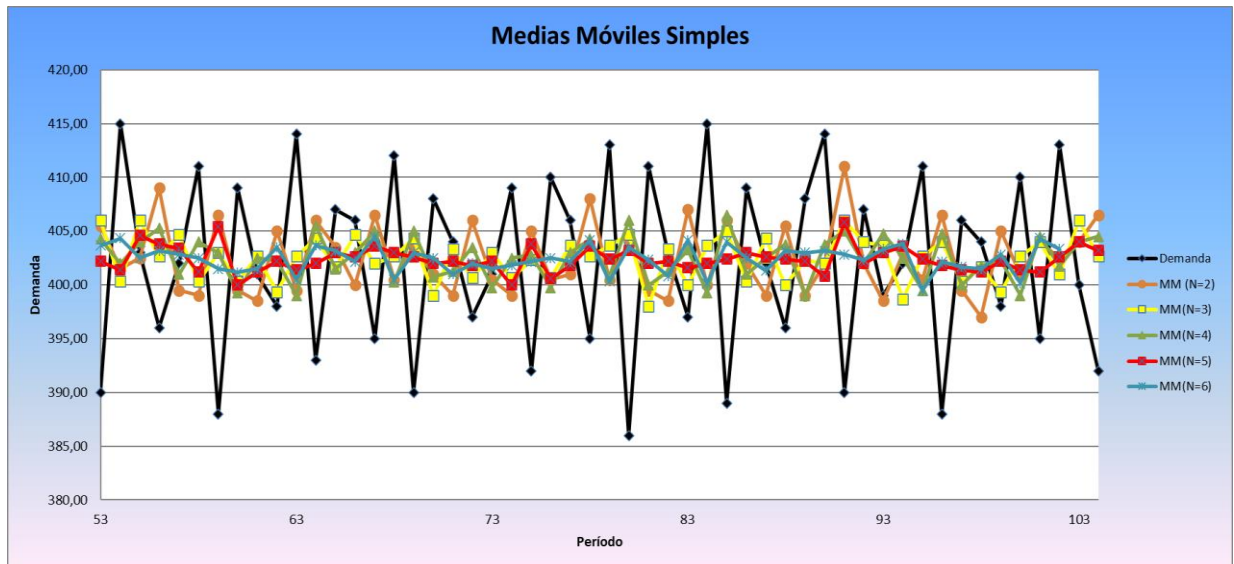


Figura 19. Demanda real vs. previsión Medias Móviles Simples
Material_1

En tercer lugar, se ha calculado el Ajuste Exponencial Simple, obteniendo el menor error cuando alfa es igual a 0,10 y siendo la Suma de Cuadrados de los Errores igual a 4.343,63.

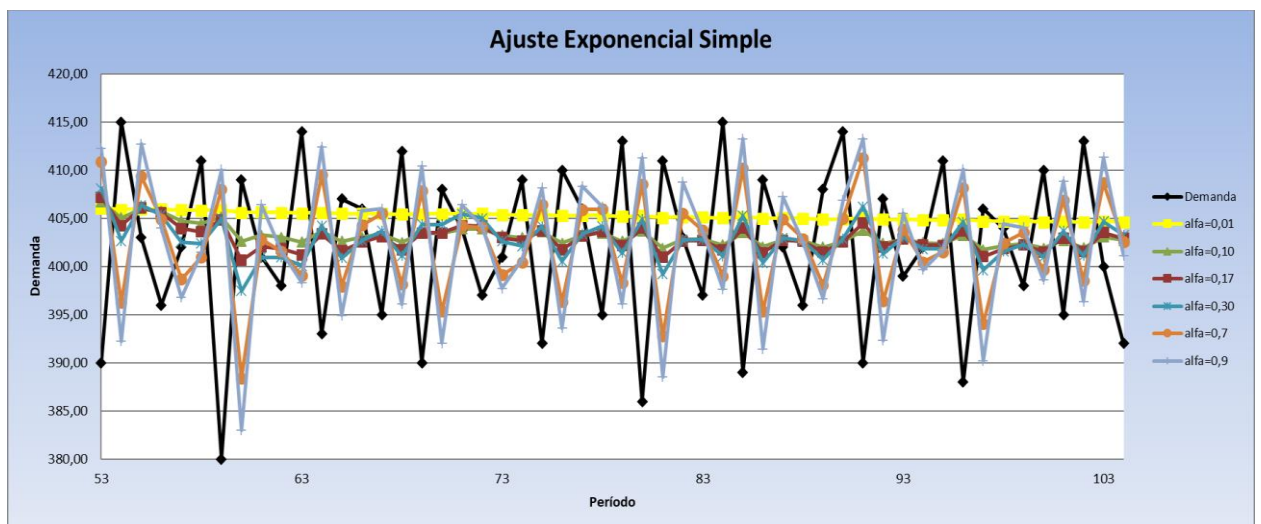


Figura 20. Demanda real vs. previsión Ajuste Exponencial Simple
Material_1

A continuación, se ha calculado la previsión con el método de Medias Móviles Dobles obteniendo el menor error cuando N es igual a seis. La Suma de Cuadrados de los Errores igual a 5.239,81.

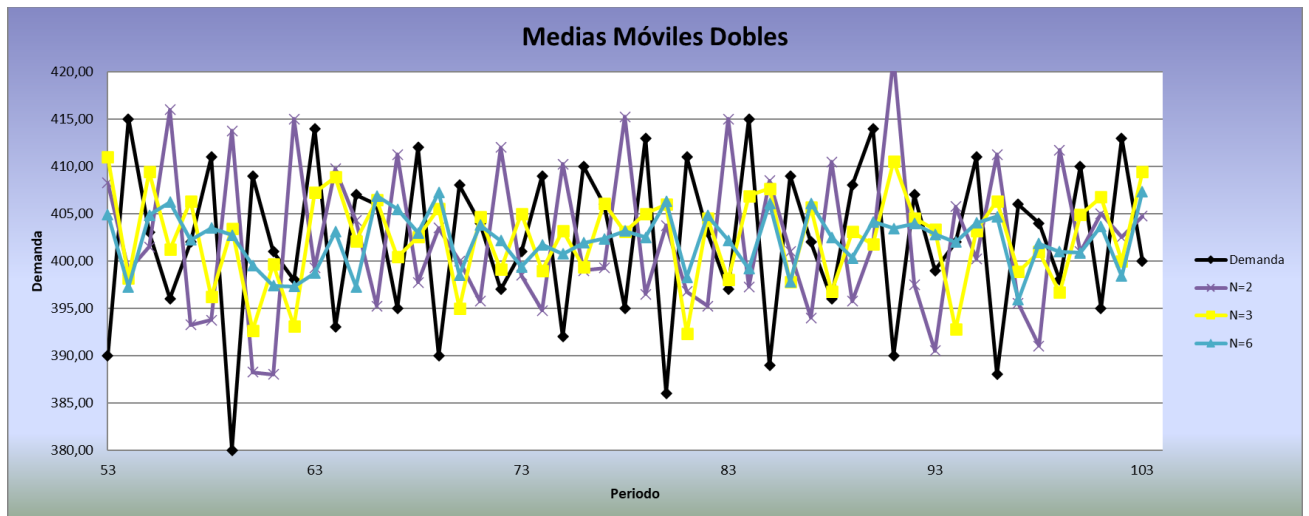


Figura 21. Demanda real vs. previsión Medias Móviles Dobles
Material_1

Con el Ajuste Exponencial Doble el menor Error Cuadrático se obtiene con alfa igual a 0,10, siendo el éste de 4.669,42.

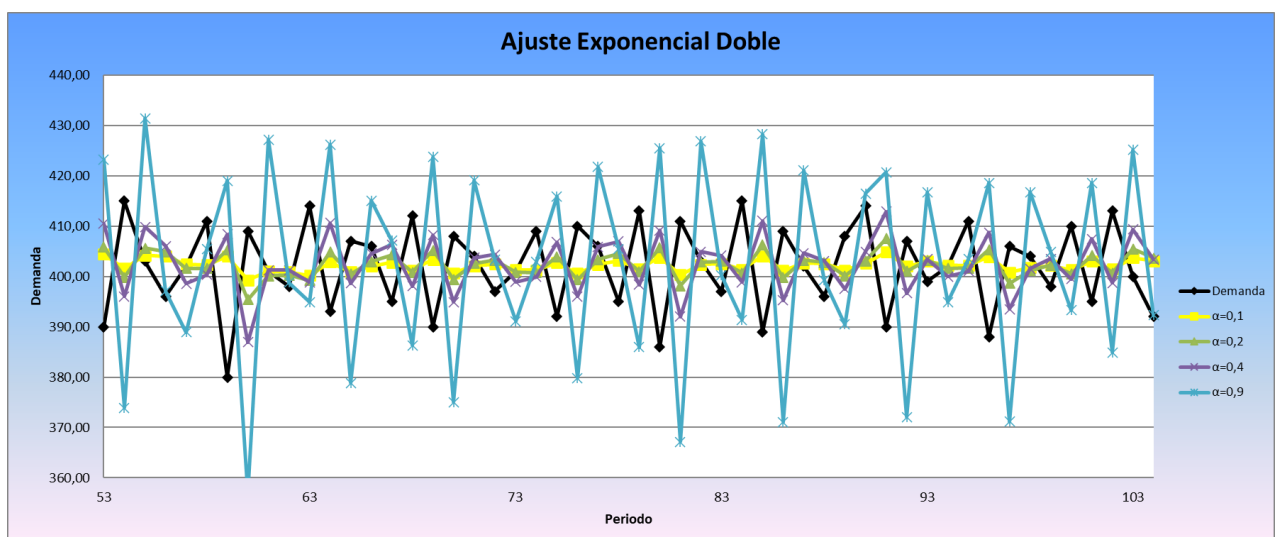


Figura 22. Demanda real vs. previsión Ajuste Exponencial Doble
Material_1

Con el método de Holt se obtiene el menor Error cuando alfa es igual a 0,5 y beta es igual a 0,1 y la suma cuadrática del error es igual a 6.962,58.

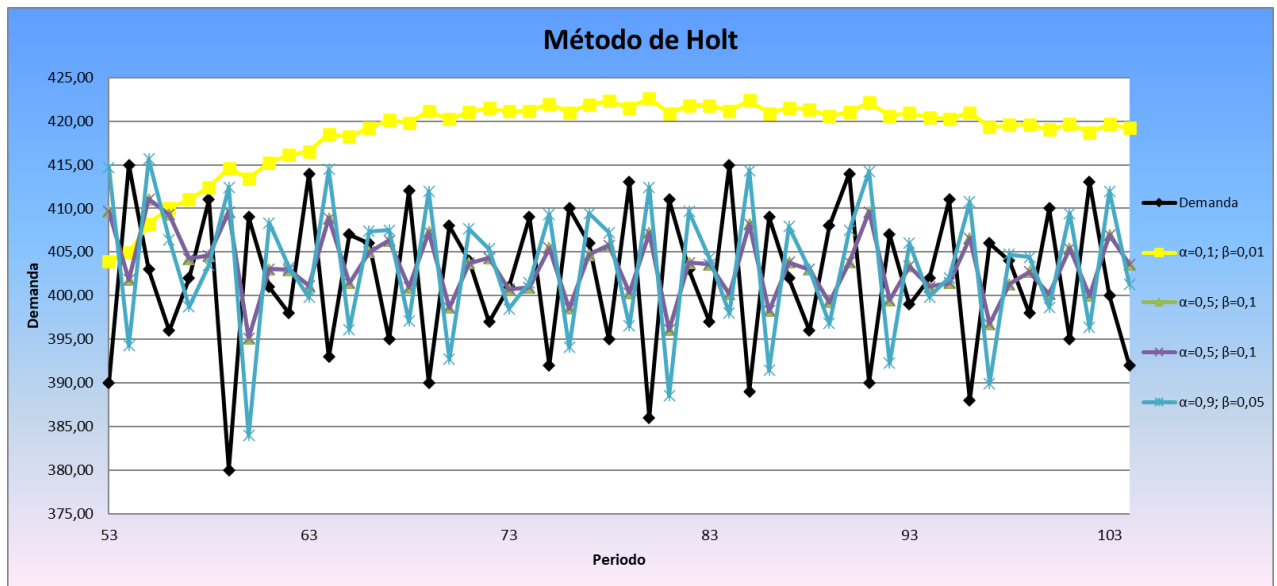


Figura 23. Demanda real vs. previsión Método Holt Material_1

Por último, con el método de Holt-Winters se obtiene el menor error, 6.506,63, cuando alfa y beta son iguales a 0,05 y gamma igual a 0,15.

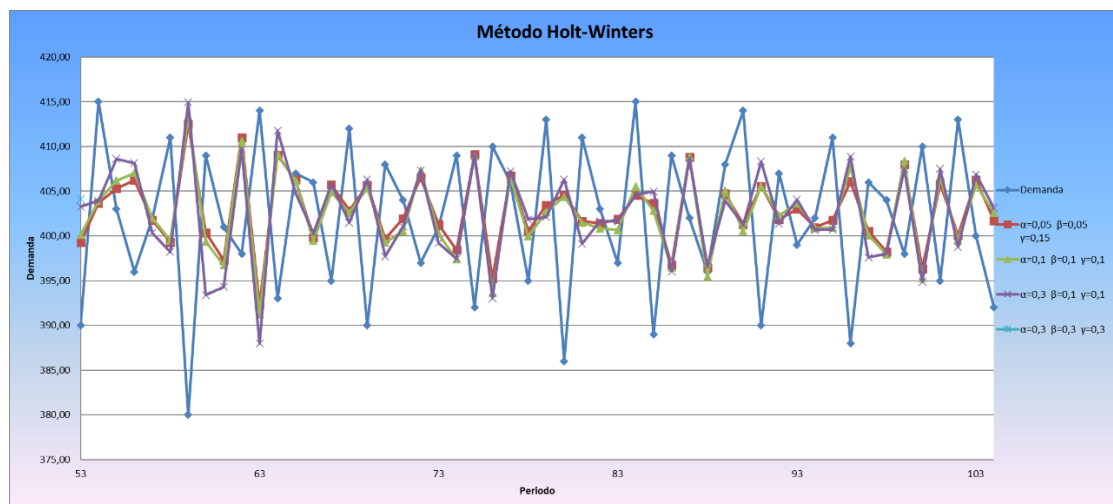


Figura 24. Demanda real vs. previsión con Holt-Winter Material_1

Tras haber analizado este material con los diferentes métodos de previsión y haber calculado la Suma Cuadrática de los Errores con cada uno de ellos, se ha obtenido que

el método que menor Error y, por tanto, que mejor se ajusta a la previsión del Material_1 es el método de Medias Móviles Simples con N igual a 5.

Se ha podido observar en la representación gráfica del histórico de este material, que los valores de la demanda se encuentran alrededor de 400, con una demanda nivelada, y después se ha visto (en el capítulo 4) que uno de los métodos que se adapta mejor a este tipo de demanda es el de las Medias Móviles Simples.

Por ello, se va a calcular la previsión de la demanda con ese método y cinco períodos de antigüedad, de los tres siguientes meses (12 períodos).

Nota: Al no disponer de histórico de la previsión que se va a calcular en los próximos períodos, se sigue aplicando el método de Medias Móviles Simples con Rolling Horizon utilizando en lugar de los valores históricos de la demanda, las previsiones que se han ido calculando.

Periodo	N=5
	Prevision
105	402,00
106	400,40
107	401,48
108	399,18
109	399,01
110	400,41
111	400,10
112	400,04
113	399,75
114	399,86
115	400,03
116	399,95

Tabla 18.Previsión de la demanda futura del Material_1

5.4.2. RESULTADOS MATERIAL_2

Se va a realizar el mismo procedimiento para la demanda del Material_2.

En primer lugar, en la siguiente figura aparece el histórico de la demanda de 104 períodos.

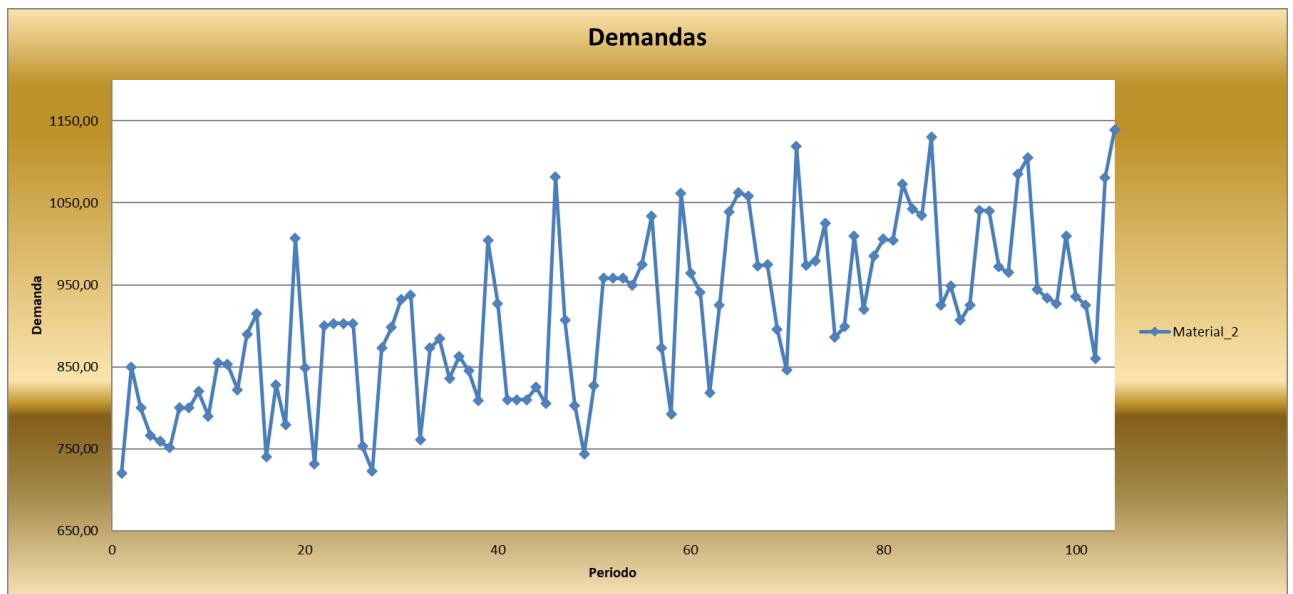


Figura 25. Histórico de la demanda del Material_2

A continuación, se ha realizado el método de Medias Móviles Simples, utilizando diferentes números de períodos de antigüedad. Se ha obtenido la menor Suma de Cuadrados de los Errores, igual a 406.101,96, cuando N es igual a cinco.

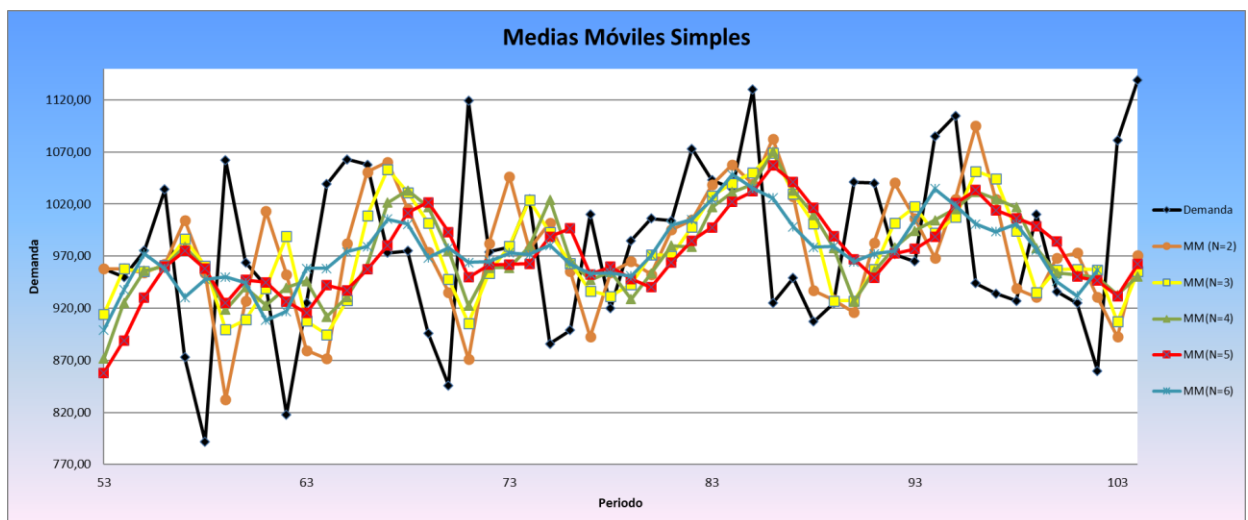


Figura 26. Demanda real vs. previsión con Medias Móviles Simples
Material_2

El segundo método utilizado ha sido el Ajuste Exponencial Simple, obteniendo el menor Error cuando alfa es igual a 0,10.

Siendo la Suma de Cuadrados de los Errores igual a 344.845,19.

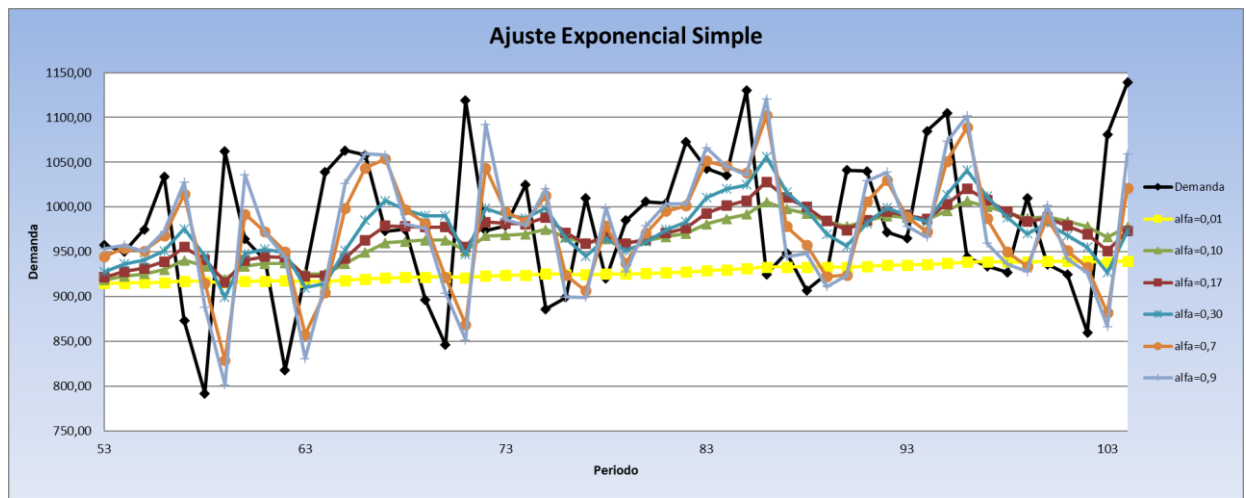


Figura 27. Demanda real vs. previsión de la demanda Ajuste Exponencial Simple Material_2

El tercer método implementado ha sido el de Medias Móviles Dobles obteniendo el menor Error cuando N es igual a seis.

Obteniendo como Suma de Cuadrados de los Errores 534.491,24.

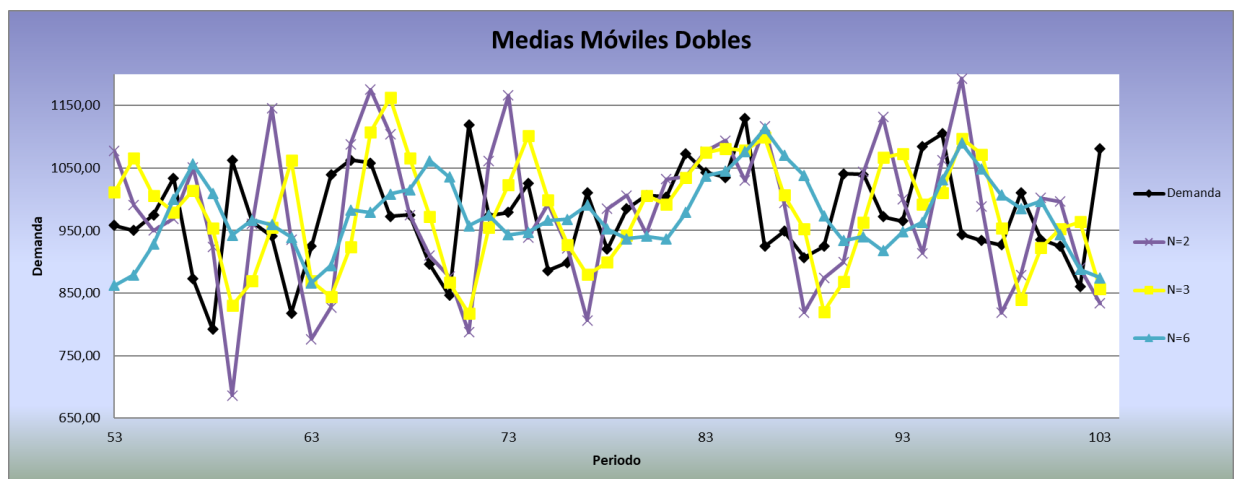


Figura 28. Demanda real vs. Medias Móviles Dobles Material_2

El cuarto método para calcular la previsión de la demanda es el Ajuste Exponencial Doble, y el menor Error Cuadrático se obtiene con alfa igual a 0,05, siendo el error de 345.741,00.

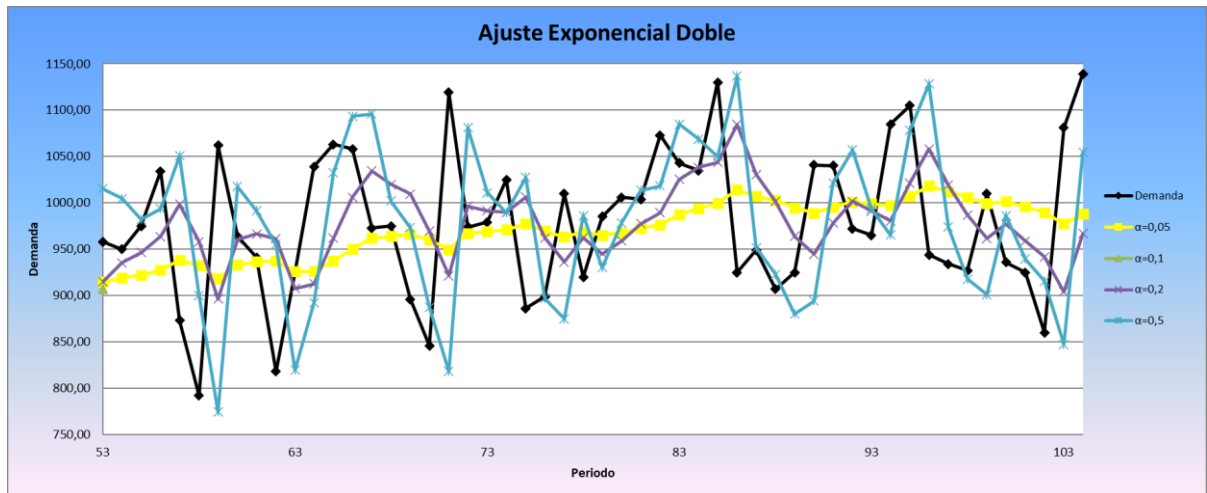


Figura 29. Demanda real vs. previsión con Ajuste Exponencial Doble
Material_2

Con el Método de Holt se obtiene el menor error cuando alfa es igual a 0,05 y beta es igual a 0,1 y la suma cuadrática del error es igual a 340.871,74.

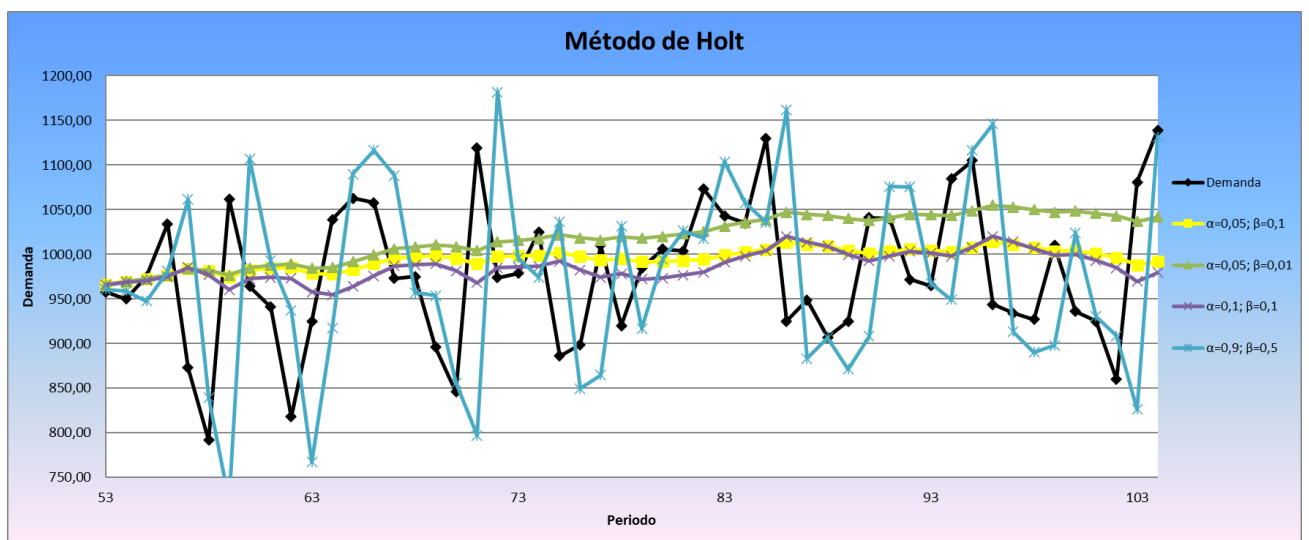


Figura 30. Demanda real vs. previsión Método Holt Material_2

Finalmente, con el método de Holt-Winters se obtiene el menor error, 447.060,93, cuando alfa es igual a 0,1, beta 0,05 y gamma igual a 0,3.

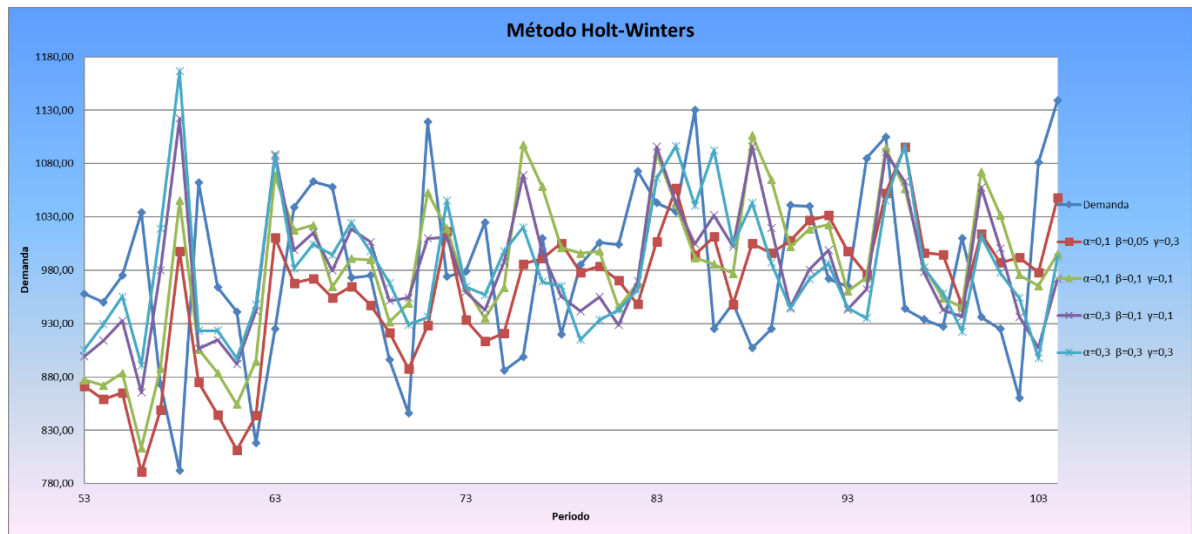


Figura 31. Demanda real vs. previsión Método Holt-Winters
Material_2

Para concluir este subcapítulo, cabe destacar que el menor error cuadrático se obtiene con el Método Holt y en concreto cuando alfa es igual a 0,05 y beta igual a 0,1.

Este método se utiliza para demandas con tendencia y si se observa en la figura 26, la cual representa el histórico de la demanda del Material_2, se comprueba que su demanda sigue un patrón que crece a medida que pasa el tiempo, es decir demanda con tendencia.

Por tanto, se va a calcular con el Método Holt (en concreto con alfa igual a 0,05 y beta igual a 0,1) la previsión de la demanda de los siguientes 12 períodos.

Nota: Para el cálculo de la demanda futura, como no se tienen datos del histórico de la demanda, se utilizan en su lugar los datos de la previsión calculados.

Período	S _t	P _t	Previsión
105	999,29	-0,10	999,29
106	999,19	-0,10	999,19
107	999,09	-0,10	999,09
108	998,99	-0,10	998,99
109	998,89	-0,10	998,89
110	998,79	-0,10	998,79
111	998,69	-0,10	998,69
112	998,59	-0,10	998,59
113	998,49	-0,10	998,49
114	998,40	-0,10	998,40
115	998,30	-0,10	998,30
116	998,20	-0,10	998,20

Tabla 19.Previsión de la demanda futura Método Holt Material_2

6.CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

La previsión de la demanda es un paso fundamental en todo proceso productivo. Una correcta elección del método de previsión puede significar la diferencia entre una gestión eficiente de los recursos y una sobrecarga de inventarios o escasez de productos.

Este trabajo ha pretendido demostrar la utilidad de los diferentes métodos de previsión a partir de la comparación de métodos de previsión en tres materiales aeronáuticos diferentes. Obteniendo como respuesta que, para una demanda estacional, en un material concreto, es preciso utilizar el método de Holt-Winters ya que éste es adecuado a la hora de capturar tanto la tendencia como la estacionalidad en los datos de la demanda.

Por otro lado, para una demanda nivelada en concreto, se ha demostrado que el menor Error se obtiene con el método de las Medias Móviles Simples por ser éste eficaz en situaciones donde la demanda no presenta tendencias ni estacionalidad significativas, es fácil de aplicar y requiere pocos cálculos.

Por último, para el tercer material analizado, con demanda con tendencia, se ha dado el menor Error Cuadrático utilizando el método de Holt porque puede ajustarse a cambios en la tendencia a lo largo del tiempo.

Este análisis comparativo demuestra la versatilidad de los métodos de previsión al adaptarse a cualquier sector empresarial. Esto permite seleccionar la técnica más adecuada para cada tipo de demanda que ofrece soluciones precisas y eficientes que permiten tomar decisiones estratégicas dentro de la empresa. Teniendo presente que no existe un único método universalmente óptimo, sino que la elección debe basarse en características específicas temporales; y que ninguno de estos métodos tiene en cuenta factores externos que pueden afectar directamente a los niveles de demanda de una empresa.

En líneas futuras de investigación, este estudio se podría ampliar e integrar variables externas como indicadores económicos o cambios en la política comercial para mejorar la precisión de las previsiones de la demanda. Esto permitirá que los modelos capten mejor las influencias externas que afectan a la demanda.

BIBLIOGRAFÍA

Airbus. (s. f.). Airbus in Spain. <https://www.airbus.com/en/our-worldwide-presence/airbus-in-europe/airbus-in-spain> (consultada en mayo de 2024)

Onieva Giménez, L., Escudero Santana, A., Cortés Achedad, P., Muñuzuri Sanz, J., & Guadix Martín, J. (2017). **Diseño y gestión de sistemas productivos**. Madrid: Dextra Editorial.

Lucas, G. S. (2010, 19 de julio). El gigante de Airbus en El Prat. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/9639> (consultada en mayo de 2024)

Lobato, G. (2021, 22 de mayo). Sevilla, el cerebro de Airbus en España: un día en la Línea de Montaje Final del A400M. **El Español**. https://www.elespanol.com/invertia/20210522/sevilla-airbus-espana-linea-montaje-final-a400m/582971705_3.html#img_7 (consultada en mayo de 2024)

MRO y Aviación: Todo lo Que Necesitas Saber. (s. f.). Chetu. <https://www.chetu.com/es/blogs/aviation/future-of-mro-software.php> (consultada en mayo de 2024)

Pereira, M. J. (2023, 20 de diciembre). El Gobierno español compra por 1.695 millones 16 aviones militares C295 para vigilancia marítima. **Diario ABC**. <https://www.abc.es/sevilla/economia/gobierno-espanol-compra-1695-millones-aviones-militares-20231220194915-nts.html> (consultada en mayo de 2024)

Previsión tecnológica y de la demanda. (s. f.). Google Books.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uLe5ghPI76YC&oi=fnd&pg=PA5&dq=la+previsi%C3%B3n+de+la+demanda&ots=s87L7m6h7I&sig=zF6goI0-GZKoB-EFJPae_cwDObk#v=onepage&q=la%20previsi%C3%B3n%20de%20la%20demanda&f=false (consultada en mayo de 2024)

ANEXOS. RESULTADOS MATERIAL_1 Y MATERIAL_2

Periodo	Demanda	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6
		Previsión	Prevision	Prevision	Prevision	Prevision
53	390,00	405,50	406,00	404,25	402,20	403,83
54	415,00	401,50	400,33	402,00	401,40	400,17
55	403,00	402,50	406,00	404,00	404,60	403,67
56	396,00	409,00	402,67	405,25	403,80	404,33
57	402,00	399,50	404,67	401,00	403,40	402,50
58	411,00	399,00	400,33	404,00	401,20	403,17
59	388,00	406,50	403,00	403,00	405,40	402,83
60	409,00	399,50	400,33	399,25	400,00	402,50
61	401,00	398,50	402,67	402,50	401,20	401,50
62	398,00	405,00	399,33	402,25	402,20	401,17
63	414,00	399,50	402,67	399,00	401,40	401,50
64	393,00	406,00	404,33	405,50	402,00	403,50
65	407,00	403,50	401,67	401,50	403,00	400,50
66	406,00	400,00	404,67	403,00	402,60	403,67
67	395,00	406,50	402,00	405,00	403,60	403,17
68	412,00	400,50	402,67	400,25	403,00	402,17
69	390,00	403,50	404,33	405,00	402,60	404,50
70	408,00	401,00	399,00	400,75	402,00	400,50
71	404,00	399,00	403,33	401,25	402,20	403,00
72	397,00	406,00	400,67	403,50	401,80	402,50
73	401,00	400,50	403,00	399,75	402,20	401,00
74	409,00	399,00	400,67	402,50	400,00	402,00
75	392,00	405,00	402,33	402,75	403,80	401,50
76	410,00	400,50	400,67	399,75	400,60	401,83
77	406,00	401,00	403,67	403,00	401,80	402,17
78	395,00	408,00	402,67	404,25	403,60	402,50
79	413,00	400,50	403,67	400,75	402,40	402,17
80	386,00	404,00	404,67	406,00	403,20	404,17
81	411,00	399,50	398,00	400,00	402,00	400,33
82	403,00	398,50	403,33	401,25	402,20	403,50
83	397,00	407,00	400,00	403,25	401,60	402,33
84	415,00	400,00	403,67	399,25	402,00	400,83
85	389,00	406,00	405,00	406,50	402,40	404,17
86	409,00	402,00	400,33	401,00	403,00	400,17
87	402,00	399,00	404,33	402,50	402,60	404,00
88	396,00	405,50	400,00	403,75	402,40	402,50
89	408,00	399,00	402,33	399,00	402,20	401,33
90	414,00	402,00	402,00	403,75	400,80	403,17
91	390,00	411,00	406,00	405,00	405,80	403,00
92	407,00	402,00	404,00	402,00	402,00	403,17
93	399,00	398,50	403,67	404,75	403,00	402,83
94	402,00	403,00	398,67	402,50	403,60	402,33
95	411,00	400,50	402,67	399,50	402,40	403,33
96	388,00	406,50	404,00	404,75	401,80	403,83
97	406,00	399,50	400,33	400,00	401,40	399,50
98	404,00	397,00	401,67	401,75	401,20	402,17
99	398,00	405,00	399,33	402,25	402,20	401,67
100	410,00	401,00	402,67	399,00	401,40	401,50
101	395,00	404,00	404,00	404,50	401,20	402,83
102	413,00	402,50	401,00	401,75	402,60	400,17
103	400,00	404,00	406,00	404,00	404,00	404,33
104	392,00	406,50	402,67	404,50	403,20	403,33

Tabla 20.Previsión demanda Medias Móviles Simples Material_1

N	Error Cuadratico
2	5.991,00
3	4.367,22
4	5.037,13
5	4.052,60
6	4.186,89

Tabla 21. Errores cuadráticos Medias Móviles Simples Material_1

Periodo	Demanda	alfa=	alfa=	alfa=	alfa=	alfa=0,70	alfa=0,90
		Prevision	Prevision	Prevision	Prevision	Previsión	Previsión
52	413,00	406,00	406,00	406,00	406,00	406,00	406,00
53	390,00	406,07	406,70	407,19	408,10	410,90	412,30
54	415,00	405,91	405,03	404,27	402,67	396,27	392,23
55	403,00	406,00	406,03	406,09	406,37	409,38	412,72
56	396,00	405,97	405,72	405,57	405,36	404,91	403,97
57	402,00	405,87	404,75	403,94	402,55	398,67	396,80
58	411,00	405,83	404,48	403,61	402,39	401,00	401,48
59	380,00	405,88	405,13	404,87	404,97	408,00	410,05
60	409,00	405,62	402,62	400,64	397,48	388,40	383,00
61	401,00	405,66	403,25	402,06	400,94	402,82	406,40
62	398,00	405,61	403,03	401,88	400,95	401,55	401,54
63	414,00	405,54	402,53	401,22	400,07	399,06	398,35
64	393,00	405,62	403,67	403,39	404,25	409,52	412,44
65	407,00	405,49	402,61	401,63	400,87	397,96	394,94
66	406,00	405,51	403,05	402,54	402,71	404,29	405,79
67	395,00	405,51	403,34	403,13	403,70	405,49	405,98
68	412,00	405,41	402,51	401,75	401,09	398,15	396,10
69	390,00	405,47	403,46	403,49	404,36	407,84	410,41
70	408,00	405,47	403,46	403,49	404,36	395,35	392,04
71	404,00	405,50	403,91	404,26	405,45	404,21	406,40
72	397,00	405,49	403,92	404,21	405,02	404,06	404,24
73	401,00	405,40	403,23	402,99	402,61	399,12	397,72
74	409,00	405,36	403,00	402,65	402,13	400,44	400,67
75	392,00	405,39	403,60	403,73	404,19	406,43	408,17
76	410,00	405,26	402,44	401,73	400,53	396,33	393,62
77	406,00	405,31	403,20	403,14	403,37	405,90	408,36
78	395,00	405,31	403,48	403,63	404,16	405,97	406,24
79	413,00	405,21	402,63	402,16	401,41	398,29	396,12
80	386,00	405,29	403,67	404,00	404,89	408,59	411,31
81	411,00	405,10	401,90	400,94	399,22	392,78	388,53
82	403,00	405,15	402,81	402,65	402,76	405,53	408,75
83	397,00	405,13	402,83	402,71	402,83	403,76	403,58
84	415,00	405,05	402,25	401,74	401,08	399,03	397,66
85	389,00	405,15	403,52	403,99	405,26	410,21	413,27
86	409,00	404,99	402,07	401,45	400,38	395,36	391,43
87	402,00	405,03	402,76	402,73	402,97	404,91	407,24
88	396,00	405,00	402,69	402,61	402,68	402,87	402,52
89	408,00	404,91	402,02	401,48	400,67	398,06	396,65
90	414,00	404,94	402,62	402,59	402,87	405,02	406,87
91	390,00	405,03	403,75	404,53	406,21	411,31	413,29
92	407,00	404,88	402,38	402,06	401,35	396,39	392,33
93	399,00	404,90	402,84	402,90	403,04	403,82	405,53
94	402,00	404,84	402,46	402,24	401,83	400,45	399,65
95	411,00	404,81	402,41	402,20	401,88	401,53	401,77
96	388,00	404,88	403,27	403,69	404,62	408,16	410,08
97	406,00	404,71	401,74	401,03	399,63	394,05	390,21
98	404,00	404,72	402,17	401,87	401,54	402,41	404,42
99	398,00	404,71	402,35	402,23	402,28	403,52	404,04
100	410,00	404,65	401,92	401,51	401,00	399,66	398,60
101	395,00	404,70	402,73	402,96	403,70	406,90	408,86
102	413,00	404,60	401,95	401,60	401,09	398,57	396,39
103	400,00	404,69	403,06	403,54	404,66	408,67	411,34
104	392,00	404,64	402,75	402,94	403,26	402,60	401,13

Tabla 22. Previsión demanda Ajuste Exponencial Simple Material_1

alfa	Error cuadrático
0,01	4.415,48
0,10	4.343,63
0,17	4.614,30
0,30	5.248,12
0,70	8.391,44
0,90	10.953,66

Tabla 23. Errores Cuadráticos Ajuste Exponencial Simple Material_1

Periodo	Demanda	N=3	N=6				N=2	
		Prevision	MMS	MMD	p (gorro)	D (gorro)	Prevision	Prevision
46	405,00		401,00					
47	412,00		401,80					
48	394,00		403,50					
49	399,00		404,00					
50	407,00		402,33					
51	398,00		402,17					
52	413,00		402,50	402,47				
53	390,00	411,00	403,83	402,72	0,45	404,50	404,95	408,25
54	415,00	398,22	400,17	403,06	-1,16	398,43	397,28	399
55	403,00	409,44	403,67	402,50	0,47	404,37	404,83	401,5
56	396,00	401,22	404,33	402,44	0,76	405,47	406,22	416
57	402,00	406,33	402,50	402,78	-0,11	402,33	402,22	393,25
58	411,00	396,22	403,17	402,83	0,13	403,37	403,50	393,75
59	380,00	403,44	402,83	402,94	-0,04	402,77	402,72	413,75
60	409,00	392,67	401,17	402,78	-0,64	400,20	399,56	388,25
61	401,00	399,67	400,17	402,94	-1,11	398,50	397,39	388
62	398,00	393,11	399,83	402,36	-1,01	398,32	397,31	415
63	414,00	407,22	400,17	401,61	-0,58	399,30	398,72	399,25
64	393,00	408,89	402,17	401,22	0,38	402,73	403,11	409,75
65	407,00	402,11	399,17	401,06	-0,76	398,03	397,28	404,25
66	406,00	406,44	403,67	400,44	1,29	405,60	406,89	395,25
67	395,00	400,44	403,17	400,86	0,92	404,55	405,47	411,25
68	412,00	402,56	402,17	401,36	0,32	402,65	402,97	397,75
69	390,00	405,56	404,50	401,75	1,10	406,15	407,25	403,5
70	408,00	395,00	400,50	402,47	-0,79	399,32	398,53	400
71	404,00	404,67	403,00	402,19	0,32	403,48	403,81	395,75
72	397,00	399,11	402,50	402,83	-0,13	402,30	402,17	412
73	401,00	405,00	401,00	402,64	-0,66	400,02	399,36	398,5
74	409,00	399,00	402,00	402,28	-0,11	401,83	401,72	394,75
75	392,00	403,22	401,50	402,25	-0,30	401,05	400,75	410,25
76	410,00	399,33	401,83	401,75	0,03	401,88	401,92	399
77	406,00	406,11	402,17	401,97	0,08	402,28	402,36	399,25
78	395,00	403,11	402,50	401,83	0,27	402,90	403,17	415,25
79	413,00	405,00	402,17	401,83	0,13	402,37	402,50	396,5
80	386,00	406,00	404,17	402,03	0,86	405,45	406,31	403,75
81	411,00	392,33	400,33	402,39	-0,82	399,10	398,28	396,75
82	403,00	404,56	403,50	402,19	0,52	404,28	404,81	395,25
83	397,00	398,00	402,33	402,47	-0,06	402,25	402,19	415
84	415,00	406,89	400,83	402,50	-0,67	399,83	399,17	397,25
85	389,00	407,67	404,17	402,22	0,78	405,33	406,11	408,5
86	409,00	397,78	400,17	402,56	-0,96	398,73	397,78	401
87	402,00	405,67	404,00	401,89	0,84	405,27	406,11	394
88	396,00	396,78	402,50	402,50	0,00	402,50	402,50	410,5
89	408,00	403,11	401,33	402,33	-0,40	400,73	400,33	395,75
90	414,00	401,78	403,17	402,17	0,40	403,77	404,17	401,75
91	390,00	410,56	403,00	402,56	0,18	403,27	403,44	421,5
92	407,00	404,56	403,17	402,36	0,32	403,65	403,97	397,5
93	399,00	403,33	402,83	402,86	-0,01	402,82	402,81	390,5
94	402,00	392,78	402,33	402,67	-0,13	402,13	402,00	405,75
95	411,00	403,22	403,33	402,64	0,28	403,75	404,03	400,25
96	388,00	406,33	403,83	402,97	0,34	404,35	404,69	411,25
97	406,00	398,89	399,50	403,08	-1,43	397,35	395,92	395,5
98	404,00	401,00	402,17	402,50	-0,13	401,97	401,83	391
99	398,00	396,67	401,67	402,33	-0,27	401,27	401,00	411,75
100	410,00	404,89	401,50	402,14	-0,26	401,12	400,86	401
101	395,00	406,78	402,83	402,00	0,33	403,33	403,67	405
102	413,00	400,00	400,17	401,92	-0,70	399,12	398,42	402,5
103	400,00	409,44	404,33	401,31	1,21	406,15	407,36	404,75
104	392,00	401,67	403,33	402,11	0,49	404,07	404,56	409,75

Tabla 24. Previsión demanda Medias Móviles Dobles Material_1

N	
2	11.236,94
3	5.758,42
6	5.239,81

Tabla 25. Errores Cuadráticos Medias Móviles Dobles Material_1

Periodo	Demanda	AES	AED	p (gorro)	D (gorro)	Prevision
53	390,00	403,78	403,21	0,06	404,34	404,41
54	415,00	402,40	403,13	-0,08	401,67	401,59
55	403,00	403,66	403,19	0,05	404,14	404,19
56	396,00	403,60	403,23	0,04	403,96	404,00
57	402,00	402,84	403,19	-0,04	402,48	402,44
58	411,00	402,75	403,14	-0,04	402,36	402,32
59	380,00	403,58	403,19	0,04	403,97	404,01
60	409,00	401,22	402,99	-0,20	399,45	399,25
61	401,00	402,00	402,89	-0,10	401,10	401,00
62	398,00	401,90	402,79	-0,10	401,00	400,90
63	414,00	401,51	402,66	-0,13	400,35	400,22
64	393,00	402,76	402,67	0,01	402,84	402,85
65	407,00	401,78	402,58	-0,09	400,98	400,89
66	406,00	402,30	402,56	-0,03	402,05	402,02
67	395,00	402,67	402,57	0,01	402,78	402,79
68	412,00	401,91	402,50	-0,07	401,31	401,24
69	390,00	402,91	402,54	0,04	403,29	403,33
70	408,00	401,62	402,45	-0,09	400,80	400,70
71	404,00	402,26	402,43	-0,02	402,09	402,07
72	397,00	402,44	402,43	0,00	402,44	402,44
73	401,00	401,89	402,38	-0,05	401,41	401,35
74	409,00	401,80	402,32	-0,06	401,28	401,23
75	392,00	402,52	402,34	0,02	402,70	402,72
76	410,00	401,47	402,25	-0,09	400,69	400,60
77	406,00	402,32	402,26	0,01	402,39	402,39
78	395,00	402,69	402,30	0,04	403,08	403,12
79	413,00	401,92	402,27	-0,04	401,58	401,54
80	386,00	403,03	402,34	0,08	403,72	403,79
81	411,00	401,33	402,24	-0,10	400,41	400,31
82	403,00	402,29	402,25	0,01	402,34	402,35
83	397,00	402,36	402,26	0,01	402,47	402,48
84	415,00	401,83	402,21	-0,04	401,44	401,40
85	389,00	403,15	402,31	0,09	403,98	404,08
86	409,00	401,73	402,25	-0,06	401,21	401,15
87	402,00	402,46	402,27	0,02	402,64	402,67
88	396,00	402,41	402,28	0,01	402,54	402,55
89	408,00	401,77	402,23	-0,05	401,31	401,26
90	414,00	402,39	402,25	0,02	402,54	402,55
91	390,00	403,55	402,38	0,13	404,73	404,86
92	407,00	402,20	402,36	-0,02	402,04	402,02
93	399,00	402,68	402,39	0,03	402,96	403,00
94	402,00	402,31	402,39	-0,01	402,24	402,23
95	411,00	402,28	402,37	-0,01	402,19	402,17
96	388,00	403,15	402,45	0,08	403,85	403,93
97	406,00	401,64	402,37	-0,08	400,90	400,82
98	404,00	402,07	402,34	-0,03	401,81	401,78
99	398,00	402,27	402,33	-0,01	402,20	402,19
100	410,00	401,84	402,28	-0,05	401,39	401,34
101	395,00	402,66	402,32	0,04	402,99	403,03
102	413,00	401,89	402,28	-0,04	401,50	401,46
103	400,00	403,00	402,35	0,07	403,65	403,72
104	392,00	402,70	402,39	0,04	403,02	403,05

Tabla 26. Previsión Ajuste Exponencial Doble Material_1 (alfa=0,1)

Alfa	Error cuadrático
0,10	4.669,42
0,20	5.737,70
0,30	7.114,99
0,4	8.904,27
0,50	11.259,92
0,55	12.715,64
0,6	14.402,15
0,70	18.648,58
0,90	32.551,03

Tabla 27. Errores cuadráticos Ajuste Exponencial Doble Material_1

Periodo	Demanda	St	Pt	Prevision
53	390,00	399,82	1,99	409,64
54	415,00	408,41	2,65	401,81
55	403,00	407,03	2,25	411,06
56	396,00	402,64	1,58	409,28
57	402,00	403,11	1,47	404,22
58	411,00	407,79	1,79	404,58
59	380,00	394,79	0,31	409,59
60	409,00	402,05	1,01	395,11
61	401,00	402,03	0,91	403,06
62	398,00	400,47	0,66	402,94
63	414,00	407,56	1,30	401,13
64	393,00	400,93	0,51	408,87
65	407,00	404,22	0,79	401,44
66	406,00	405,50	0,84	405,01
67	395,00	400,67	0,27	406,34
68	412,00	406,47	0,82	400,94
69	390,00	398,65	-0,04	407,29
70	408,00	403,30	0,43	398,60
71	404,00	403,86	0,44	403,73
72	397,00	400,65	0,08	404,31
73	401,00	400,86	0,09	400,73
74	409,00	404,98	0,49	400,95
75	392,00	398,73	-0,18	405,47
76	410,00	404,28	0,39	398,55
77	406,00	405,33	0,46	404,67
78	395,00	400,40	-0,08	405,79
79	413,00	406,66	0,55	400,31
80	386,00	396,60	-0,51	407,21
81	411,00	403,55	0,24	396,10
82	403,00	403,39	0,20	403,78
83	397,00	400,30	-0,13	403,59
84	415,00	407,58	0,61	400,16
85	389,00	398,60	-0,35	408,19
86	409,00	403,62	0,19	398,25
87	402,00	402,91	0,10	403,81
88	396,00	399,50	-0,25	403,00
89	408,00	403,62	0,18	399,25
90	414,00	408,90	0,69	403,81
91	390,00	399,80	-0,29	409,60
92	407,00	403,26	0,09	399,51
93	399,00	401,17	-0,13	403,35
94	402,00	401,52	-0,08	401,04
95	411,00	406,22	0,40	401,44
96	388,00	397,31	-0,53	406,62
97	406,00	401,39	-0,07	396,78
98	404,00	402,66	0,06	401,32
99	398,00	400,36	-0,17	402,72
100	410,00	405,09	0,32	400,19
101	395,00	400,20	-0,20	405,41
102	413,00	406,50	0,45	400,00
103	400,00	403,47	0,10	406,95
104	392,00	397,79	-0,48	403,57

Tabla 28. Previsión demanda Método Holt Material_1 (alfa=0,5;
beta=0,1)

alfa	beta	Error cuadrático
0,10	0,01	19.558,80
0,10	0,05	9.810,78
0,10	0,10	7.057,70
0,50	0,10	6.962,58
0,90	0,10	12.023,31
0,90	0,50	17.582,79
0,90	0,05	11.542,34
0,90	0,01	11.327,05
0,95	0,01	12.129,09

Tabla 29. Errores cuadráticos Método Holt Material_1

Período	Demanda	St	Pt	Ft	Ft (normalizado)	Previsión
53	390,00	403,13	0,04	0,99	0,99	399,29
54	415,00	403,73	0,07	1,01	1,01	403,67
55	403,00	403,68	0,06	1,00	1,00	405,30
56	396,00	403,23	0,04	1,00	1,00	406,25
57	402,00	403,28	0,04	1,00	1,00	401,77
58	411,00	403,91	0,07	0,99	0,99	399,31
59	380,00	402,38	-0,01	1,01	1,01	412,50
60	409,00	402,80	0,01	1,00	1,00	400,37
61	401,00	403,00	0,02	0,99	0,99	397,30
62	398,00	402,37	-0,01	1,02	1,02	411,03
63	414,00	403,47	0,04	0,98	0,98	392,36
64	393,00	402,72	0,00	1,01	1,01	409,02
65	407,00	403,17	0,02	0,99	0,99	406,26
66	406,00	403,21	0,02	1,01	1,01	399,83
67	395,00	402,75	0,00	1,00	1,00	405,73
68	412,00	403,15	0,02	1,01	1,01	402,86
69	390,00	402,56	-0,01	0,99	0,99	405,66
70	408,00	402,93	0,01	1,00	1,00	399,70
71	404,00	402,78	0,00	1,01	1,01	401,98
72	397,00	402,52	-0,01	1,00	1,00	406,53
73	401,00	402,66	-0,00	0,99	0,99	401,30
74	409,00	402,65	-0,00	1,02	1,02	398,45
75	392,00	402,44	-0,02	0,98	0,98	409,10
76	410,00	402,63	-0,01	1,01	1,01	395,24
77	406,00	402,96	0,01	0,99	0,99	406,74
78	395,00	402,45	-0,01	1,00	1,00	400,57
79	413,00	402,96	0,01	1,00	1,00	403,44
80	386,00	402,01	-0,04	1,00	1,00	404,57
81	411,00	402,57	-0,01	1,00	1,00	401,68
82	403,00	402,63	-0,00	1,00	1,00	401,40
83	397,00	402,16	-0,03	1,01	1,01	401,87
84	415,00	402,84	0,01	1,00	1,00	404,54
85	389,00	402,37	-0,02	0,99	0,99	403,65
86	409,00	402,36	-0,01	1,02	1,02	396,77
87	402,00	402,69	0,00	0,98	0,98	408,82
88	396,00	402,16	-0,02	1,01	1,01	396,48
89	408,00	402,55	-0,00	1,00	1,00	404,71
90	414,00	403,07	0,02	1,01	1,01	401,33
91	390,00	402,36	-0,01	1,00	1,00	405,58
92	407,00	402,59	-0,00	1,00	1,00	401,85
93	399,00	402,47	-0,01	1,00	1,00	403,01
94	402,00	402,48	-0,01	1,00	1,00	400,95
95	411,00	402,78	0,01	1,01	1,01	401,75
96	388,00	402,01	-0,03	1,00	1,00	406,07
97	406,00	402,46	-0,01	0,99	0,99	400,55
98	404,00	402,21	-0,02	1,01	1,01	398,24
99	398,00	402,30	-0,01	0,99	0,99	407,97
100	410,00	402,54	-0,00	1,01	1,01	396,36
101	395,00	402,22	-0,02	0,99	0,99	405,85
102	413,00	402,62	0,00	1,01	1,01	400,09
103	400,00	402,52	-0,00	1,00	1,00	406,29
104	392,00	401,97	-0,03	1,00	1,00	401,72

Tabla 30. Previsión demanda Método Holt-Winters Material_1

alfa	beta	gamma	Error cuadrático
0,30	0,30	0,30	8.676,38
0,20	0,20	0,20	7.516,12
0,10	0,10	0,10	6.886,21
0,10	0,10	0,30	6.886,66
0,20	0,15	0,10	7.533,03
0,30	0,10	0,10	8.177,09
0,05	0,05	0,15	6.506,63
0,10	0,05	0,30	6.860,43
0,05	0,05	0,30	6.582,71

Tabla 31. Errores cuadráticos Método Holt-Winters Material_1

Periodo	Demanda	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6
		Previsión	Previsión	Previsión	Previsión	Previsión
53	958,00	958,00	914,33	871,75	858,00	866,17
54	950,00	958,00	958,00	925,25	889,00	874,67
55	975,00	954,00	955,33	956,00	930,20	899,17
56	1034,00	962,50	961,00	960,25	959,80	937,67
57	873,00	1004,50	986,33	979,25	975,00	972,17
58	792,00	953,50	960,67	958,00	958,00	958,00
59	1062,00	832,50	899,67	918,50	924,80	930,33
60	964,00	927,00	909,00	940,25	947,20	947,67
61	941,00	1013,00	939,33	922,75	945,00	950,00
62	818,00	952,50	989,00	939,75	926,40	944,33
63	925,00	879,50	907,67	946,25	915,40	908,33
64	1039,00	871,50	894,67	912,00	942,00	917,00
65	1063,00	982,00	927,33	930,75	937,40	958,17
66	1058,00	1051,00	1009,00	961,25	957,20	958,33
67	973,00	1060,50	1053,33	1021,25	980,60	974,00
68	975,00	1015,50	1031,33	1033,25	1011,60	979,33
69	896,00	974,00	1002,00	1017,25	1021,60	1005,50
70	846,00	935,50	948,00	975,50	993,00	1000,67
71	1119,00	871,00	905,67	922,50	949,60	968,50
72	974,00	982,50	953,67	959,00	961,80	977,83
73	979,00	1046,50	979,67	958,75	962,00	963,83
74	1025,00	976,50	1024,00	979,50	962,80	964,83
75	886,00	1002,00	992,67	1024,25	988,60	973,17
76	899,00	955,50	963,33	966,00	996,60	971,50
77	1010,00	892,50	936,67	947,25	952,60	980,33
78	920,00	954,50	931,67	955,00	959,80	962,17
79	985,00	965,00	943,00	928,75	948,00	953,17
80	1006,00	952,50	971,67	953,50	940,00	954,17
81	1004,00	995,50	970,33	980,25	964,00	951,00
82	1073,00	1005,00	998,33	978,75	985,00	970,67
83	1043,00	1038,50	1027,67	1017,00	997,60	999,67
84	1035,00	1058,00	1040,00	1031,50	1022,20	1005,17
85	1130,00	1039,00	1050,33	1038,75	1032,20	1024,33
86	925,00	1082,50	1069,33	1070,25	1057,00	1048,50
87	949,00	1027,50	1030,00	1033,25	1041,20	1035,00
88	907,00	937,00	1001,33	1009,75	1016,40	1025,83
89	925,00	928,00	927,00	977,75	989,20	998,17
90	1041,00	916,00	927,00	926,50	967,20	978,50
91	1040,00	983,00	957,67	955,50	949,40	979,50
92	972,00	1040,50	1002,00	978,25	972,40	964,50
93	965,00	1006,00	1017,67	994,50	977,00	972,33
94	1085,00	968,50	992,33	1004,50	988,60	975,00
95	1105,00	1025,00	1007,33	1015,50	1020,60	1004,67
96	944,00	1095,00	1051,67	1031,75	1033,40	1034,67
97	934,00	1024,50	1044,67	1024,75	1014,20	1018,50
98	927,00	939,00	994,33	1017,00	1006,60	1000,83
99	1010,00	930,50	935,00	977,50	999,00	993,33
100	936,00	968,50	957,00	953,75	984,00	1000,83
101	925,00	973,00	957,67	951,75	950,20	976,00
102	860,00	930,50	957,00	949,50	946,40	946,00
103	1081,00	892,50	907,00	932,75	931,60	932,00
104	1139,00	970,50	955,33	950,50	962,40	956,50

Tabla 32. Previsión demanda Medias Móviles Simples Material_2

N	Error Cuadrático
2	490.158,25
3	450.815,78
4	432.926,88
5	406.101,96
6	407.895,92

Tabla 33. Errores cuadráticos Medias Móviles Simples Material_2

Periodo	Demanda	alfa=0,01	alfa=0,1	alfa=0,17	alfa=0,3	alfa=0,70	alfa=0,90
		Previsión	Previsión	Previsión	Previsión	Previsión	Previsión
53	958,00	914,77	918,70	921,76	927,43	944,90	953,63
54	950,00	915,20	922,63	927,92	936,60	954,07	957,56
55	975,00	915,55	925,37	931,67	940,62	951,22	950,76
56	1034,00	916,14	930,33	939,04	950,94	967,87	972,58
57	873,00	917,32	940,70	955,18	975,85	1014,16	1027,86
58	792,00	916,88	933,93	941,21	945,00	915,35	888,49
59	1062,00	915,63	919,73	915,84	899,10	829,00	801,65
60	964,00	917,09	933,96	940,69	947,97	992,10	1035,96
61	941,00	917,56	936,97	944,65	952,78	972,43	971,20
62	818,00	917,80	937,37	944,03	949,24	950,43	944,02
63	925,00	916,80	925,43	922,61	909,87	857,73	830,60
64	1039,00	916,88	925,39	923,01	914,41	904,82	915,56
65	1063,00	918,10	936,75	942,73	951,79	998,75	1026,66
66	1058,00	919,55	949,37	963,18	985,15	1043,72	1059,37
67	973,00	920,94	960,24	979,30	1007,01	1053,72	1058,14
68	975,00	921,46	961,51	978,23	996,80	997,22	981,51
69	896,00	921,99	962,86	977,68	990,26	981,66	975,65
70	846,00	921,99	962,86	977,68	990,26	921,70	903,97
71	1119,00	921,23	951,18	955,29	946,98	868,71	851,80
72	974,00	923,21	967,96	983,12	998,59	1043,91	1092,28
73	979,00	923,72	968,56	981,57	991,21	994,97	985,83
74	1025,00	924,27	969,61	981,13	987,55	983,79	979,68
75	886,00	925,28	975,15	988,59	998,78	1012,64	1020,47
76	899,00	924,89	966,23	971,15	964,95	923,99	899,45
77	1010,00	924,63	959,51	958,89	945,16	906,50	899,04
78	920,00	925,48	964,56	967,58	964,61	978,95	998,90
79	985,00	925,43	960,10	959,49	951,23	937,68	927,89
80	1006,00	926,02	962,59	963,82	961,36	970,81	979,29
81	1004,00	926,82	966,93	970,99	974,75	995,44	1003,33
82	1073,00	927,59	970,64	976,61	983,53	1001,43	1003,93
83	1043,00	929,05	980,88	992,99	1010,37	1051,53	1066,09
84	1035,00	930,19	987,09	1001,49	1020,16	1045,56	1045,31
85	1130,00	931,24	991,88	1007,19	1024,61	1038,17	1036,03
86	925,00	933,22	1005,69	1028,07	1056,23	1102,45	1120,60
87	949,00	933,14	997,62	1010,55	1016,86	978,24	944,56
88	907,00	933,30	992,76	1000,08	996,50	957,77	948,56
89	925,00	933,04	984,18	984,26	969,65	922,23	911,16
90	1041,00	932,96	978,27	974,19	956,26	924,17	923,62
91	1040,00	934,04	984,54	985,54	981,68	1005,95	1029,26
92	972,00	935,10	990,08	994,80	999,18	1029,79	1038,93
93	965,00	935,46	988,28	990,92	991,02	989,34	978,69
94	1085,00	935,76	985,95	986,52	983,22	972,30	966,37
95	1105,00	937,25	995,85	1003,26	1013,75	1051,19	1073,14
96	944,00	938,93	1006,77	1020,56	1041,13	1088,86	1101,81
97	934,00	938,98	1000,49	1007,54	1011,99	987,46	959,78
98	927,00	938,93	993,84	995,04	988,59	950,04	936,58
99	1010,00	938,81	987,16	983,47	970,11	933,91	927,96
100	936,00	939,52	989,44	987,98	982,08	987,17	1001,80
101	925,00	939,49	984,10	979,15	968,26	951,35	942,58
102	860,00	939,34	978,19	969,94	955,28	932,91	926,76
103	1081,00	938,55	966,37	951,25	926,70	881,87	866,68
104	1139,00	939,97	977,83	973,31	972,99	1021,26	1059,57

Tabla 34. Previsión demanda Ajuste Exponencial Simple Material_2

alfa	Error cuadrático
0,01	452.620,07
0,10	344.845,19
0,17	355.298,93
0,30	379.349,39
0,70	440.005,46
0,90	479.850,44

Tabla 35. Errores cuadráticos Ajuste Exponencial Simple Material_2

Periodo	Demanda	N=3	N=6					N=2
		Prevision	MMS	MMD	p (gorro)	D (gorro)	Prevision	Prevision
46	1082,00		812,50					
47	907,00		866,40					
48	803,00		873,17					
49	744,00		872,00					
50	827,00		861,00					
51	958,00		861,33					
52	958,00		886,83	857,73				
53	958,00	1011,22	866,17	870,12	-1,58	863,79	862,21	1077
54	950,00	1066,44	874,67	870,08	1,83	877,42	879,25	990,75
55	975,00	1005,56	899,17	870,33	11,53	916,47	928,00	950
56	1034,00	979,44	937,67	874,86	25,12	975,35	1000,47	969
57	873,00	1014,56	972,17	887,64	33,81	1022,88	1056,69	1050,75
58	792,00	953,78	958,00	906,11	20,76	989,13	1009,89	923,5
59	1062,00	830,00	930,33	917,97	4,94	937,75	942,69	686
60	964,00	869,11	947,67	928,67	7,60	959,07	966,67	961
61	941,00	955,56	950,00	940,83	3,67	955,50	959,17	1146,25
62	818,00	1062,00	944,33	949,31	-1,99	941,35	939,36	935
63	925,00	869,56	908,33	950,42	-16,83	883,08	866,25	776,25
64	1039,00	844,00	917,00	939,78	-9,11	903,33	894,22	827
65	1063,00	924,22	958,17	932,94	10,09	973,30	983,39	1088,5
66	1058,00	1108,11	958,33	937,58	8,30	970,78	979,08	1175,25
67	973,00	1163,00	974,00	939,36	13,86	994,78	1008,64	1104,5
68	975,00	1066,11	979,33	943,36	14,39	1000,92	1015,31	975,25
69	896,00	972,78	1005,50	949,19	22,52	1039,28	1061,81	910
70	846,00	867,11	1000,67	965,39	14,11	1021,83	1035,94	876,25
71	1119,00	817,56	968,50	979,33	-4,33	962,00	957,67	787,25
72	974,00	955,44	977,83	981,06	-1,29	975,90	974,61	1061,75
73	979,00	1023,56	963,83	984,31	-8,19	951,55	943,36	1166,25
74	1025,00	1101,67	964,83	982,61	-7,11	954,17	947,06	938,5
75	886,00	999,56	973,17	980,19	-2,81	968,95	966,14	992,5
76	899,00	927,89	971,50	974,81	-1,32	969,52	968,19	921,75
77	1010,00	880,00	980,33	969,94	4,16	986,57	990,72	806,25
78	920,00	899,11	962,17	971,92	-3,90	956,32	952,42	985
79	985,00	942,11	953,17	969,31	-6,46	943,48	937,03	1006,5
80	1006,00	1006,22	954,17	967,53	-5,34	946,15	940,81	945,25
81	1004,00	991,89	951,00	965,75	-5,90	942,15	936,25	1032,25
82	1073,00	1035,00	970,67	962,06	3,44	975,83	979,28	1036
83	1043,00	1075,22	999,67	961,92	15,10	1022,32	1037,42	1076,75
84	1035,00	1081,22	1005,17	965,14	16,01	1029,18	1045,19	1094,25
85	1130,00	1078,67	1024,33	972,31	20,81	1055,55	1076,36	1029,75
86	925,00	1099,33	1048,50	984,17	25,73	1087,10	1112,83	1116,5
87	949,00	1006,78	1035,00	999,89	14,04	1056,07	1070,11	994,25
88	907,00	952,78	1025,83	1013,89	4,78	1033,00	1037,78	819
89	925,00	820,44	998,17	1023,08	-9,97	983,22	973,25	873,75
90	1041,00	867,89	978,50	1022,83	-17,73	951,90	934,17	899,5
91	1040,00	963,56	979,50	1018,39	-15,56	956,17	940,61	1044
92	972,00	1066,78	964,50	1010,92	-18,57	936,65	918,08	1131,5
93	965,00	1073,11	972,33	996,92	-9,83	957,58	947,75	1000,25
94	1085,00	992,22	975,00	986,47	-4,59	968,12	963,53	913,75
95	1105,00	1010,67	1004,67	978,00	10,67	1020,67	1031,33	1062,75
96	944,00	1097,56	1034,67	979,08	22,23	1068,02	1090,25	1193,25
97	934,00	1072,22	1018,50	988,44	12,02	1036,53	1048,56	989
98	927,00	954,11	1000,83	994,94	2,36	1004,37	1006,72	818,25
99	1010,00	839,78	993,33	1001,00	-3,07	988,73	985,67	879,25
100	936,00	922,67	1000,83	1004,50	-1,47	998,63	997,17	1002,25
101	925,00	953,22	976,00	1008,81	-13,12	956,32	943,19	996,5
102	860,00	964,11	946,00	1004,03	-23,21	911,18	887,97	890,25
103	1081,00	856,78	932,00	989,25	-22,90	897,65	874,75	833,25
104	1139,00	970,11	956,50	974,83	-7,33	945,50	938,17	1029,5

Tabla 36. Previsión demanda Medias Móviles Dobles Material_2

N	
2	896.175,00
3	723.002,31
6	534.491,24

Tabla 37. Errores Medias Móviles Dobles Material_2

Periodo	Demanda	AES	AED	p (gorro)	D (gorro)	Previsión
53	958,00	915,97	917,33	-0,07	914,60	914,53
54	950,00	918,07	917,37	0,04	918,77	918,81
55	975,00	919,67	917,48	0,11	921,85	921,96
56	1034,00	922,43	917,73	0,25	927,13	927,38
57	873,00	928,01	918,25	0,51	937,78	938,29
58	792,00	925,26	918,60	0,35	931,92	932,28
59	1062,00	918,60	918,60	0,00	918,60	918,60
60	964,00	925,77	918,96	0,36	932,58	932,94
61	941,00	927,68	919,39	0,44	935,97	936,40
62	818,00	928,35	919,84	0,45	936,85	937,30
63	925,00	922,83	919,99	0,15	925,67	925,82
64	1039,00	922,94	920,14	0,15	925,74	925,88
65	1063,00	928,74	920,57	0,43	936,91	937,34
66	1058,00	935,45	921,31	0,74	949,60	950,34
67	973,00	941,58	922,32	1,01	960,84	961,85
68	975,00	943,15	923,37	1,04	962,94	963,98
69	896,00	944,74	924,43	1,07	965,05	966,12
70	846,00	942,31	925,33	0,89	959,29	960,18
71	1119,00	937,49	925,94	0,61	949,05	949,65
72	974,00	946,57	926,97	1,03	966,17	967,20
73	979,00	947,94	928,02	1,05	967,86	968,91
74	1025,00	949,49	929,09	1,07	969,89	970,97
75	886,00	953,27	930,30	1,21	976,23	977,44
76	899,00	949,90	931,28	0,98	968,53	969,51
77	1010,00	947,36	932,08	0,80	962,63	963,44
78	920,00	950,49	933,00	0,92	967,98	968,90
79	985,00	948,97	933,80	0,80	964,13	964,93
80	1006,00	950,77	934,65	0,85	966,89	967,73
81	1004,00	953,53	935,59	0,94	971,46	972,41
82	1073,00	956,05	936,62	1,02	975,49	976,51
83	1043,00	961,90	937,88	1,26	985,92	987,18
84	1035,00	965,96	939,28	1,40	992,63	994,03
85	1130,00	969,41	940,79	1,51	998,02	999,53
86	925,00	977,44	942,62	1,83	1012,25	1014,08
87	949,00	974,82	944,23	1,61	1005,40	1007,01
88	907,00	973,52	945,70	1,46	1001,35	1002,82
89	925,00	970,20	946,92	1,23	993,47	994,70
90	1041,00	967,94	947,97	1,05	987,90	988,95
91	1040,00	971,59	949,15	1,18	994,03	995,21
92	972,00	975,01	950,45	1,29	999,58	1000,87
93	965,00	974,86	951,67	1,22	998,05	999,28
94	1085,00	974,37	952,80	1,14	995,93	997,07
95	1105,00	979,90	954,16	1,35	1005,64	1007,00
96	944,00	986,15	955,76	1,60	1016,55	1018,15
97	934,00	984,05	957,17	1,41	1010,92	1012,34
98	927,00	981,54	958,39	1,22	1004,70	1005,92
99	1010,00	978,82	959,41	1,02	998,22	999,24
100	936,00	980,38	960,46	1,05	1000,29	1001,34
101	925,00	978,16	961,34	0,88	994,97	995,86
102	860,00	975,50	962,05	0,71	988,95	989,65
103	1081,00	969,72	962,44	0,38	977,01	977,40
104	1139,00	975,29	963,08	0,64	987,50	988,14

Tabla 38. Previsión Ajuste Exponencial Doble Material_2 (alfa=0,05)

Alfa	Error cuadrático
0,01	375.105,16
0,05	345.741,00
0,10	369.384,75
0,20	420.686,16
0,30	469.345,88
0,50	586.590,89

Tabla 39. Errores Ajuste Exponencial Doble Material_2

Período	Demanda	St	Pt	Previsión
53	958,00	965,50	4,00	965,90
54	950,00	968,53	3,90	969,50
55	975,00	972,56	3,92	972,43
56	1034,00	979,35	4,20	976,47
57	873,00	978,03	3,65	983,55
58	792,00	972,19	2,70	981,68
59	1062,00	979,25	3,14	974,89
60	964,00	981,47	3,05	982,39
61	941,00	982,34	2,83	984,51
62	818,00	976,81	1,99	985,17
63	925,00	976,11	1,72	978,80
64	1039,00	980,89	2,03	977,83
65	1063,00	986,92	2,43	982,92
66	1058,00	992,79	2,77	989,35
67	973,00	994,43	2,66	995,56
68	975,00	995,99	2,55	997,09
69	896,00	993,41	2,04	998,54
70	846,00	987,97	1,29	995,45
71	1119,00	995,75	1,94	989,26
72	974,00	996,50	1,82	997,69
73	979,00	997,36	1,72	998,32
74	1025,00	1000,38	1,85	999,08
75	886,00	996,42	1,27	1002,23
76	899,00	992,75	0,78	997,69
77	1010,00	994,36	0,86	993,53
78	920,00	991,46	0,48	995,22
79	985,00	991,59	0,45	991,94
80	1006,00	992,74	0,52	992,04
81	1004,00	993,80	0,57	993,26
82	1073,00	998,30	0,97	994,37
83	1043,00	1001,46	1,19	999,27
84	1035,00	1004,26	1,35	1002,64
85	1130,00	1011,82	1,97	1005,60
86	925,00	1009,35	1,52	1013,79
87	949,00	1007,78	1,22	1010,88
88	907,00	1003,90	0,71	1009,00
89	925,00	1000,63	0,31	1004,61
90	1041,00	1002,94	0,51	1000,93
91	1040,00	1005,27	0,69	1003,44
92	972,00	1004,26	0,52	1005,96
93	965,00	1002,80	0,32	1004,78
94	1085,00	1007,21	0,73	1003,12
95	1105,00	1012,80	1,22	1007,94
96	944,00	1010,51	0,87	1014,01
97	934,00	1007,51	0,48	1011,38
98	927,00	1003,94	0,07	1007,99
99	1010,00	1004,31	0,10	1004,01
100	936,00	1001,00	-0,24	1004,42
101	925,00	996,97	-0,62	1000,76
102	860,00	989,54	-1,30	996,35
103	1081,00	992,88	-0,83	988,24
104	1139,00	999,39	-0,10	992,04

Tabla 40. Previsión Método Holt Material_2 (alfa=0,05 beta=0,1)

alfa	beta	Error cuadrático
0,05	0,01	407.090,91
0,05	0,1	340.871,74
0,10	0,01	363.244,72
0,10	0,05	348.625,25
0,10	0,10	349.705,77
0,2	0,1	378.656,39
0,50	0,10	439.900,36
0,90	0,10	524.074,66
0,90	0,50	725.675,71

Tabla 41. Errores Método Holt Material_2

Período	D Estacional	St	Pt	Ft	Ft (normalizado)	Prevision
53	958,00	871,66	-0,52	1,02	1,00	876,71
54	950,00	879,11	-0,12	1,02	1,01	870,36
55	975,00	888,40	0,35	1,03	1,02	880,70
56	1034,00	913,40	1,58	0,98	0,97	809,49
57	873,00	914,16	1,54	0,96	0,95	880,89
58	792,00	894,23	0,47	1,06	1,04	1034,62
59	1062,00	911,32	1,30	1,05	1,04	895,59
60	964,00	922,20	1,78	0,98	0,97	872,38
61	941,00	934,83	2,32	0,94	0,93	842,15
62	818,00	930,53	1,99	0,92	0,91	880,19
63	925,00	921,42	1,43	1,09	1,08	1049,93
64	1039,00	926,58	1,62	1,09	1,08	998,75
65	1063,00	941,28	2,27	1,04	1,04	1003,59
66	1058,00	953,78	2,79	1,04	1,04	982,65
67	973,00	956,43	2,78	1,02	1,02	995,72
68	975,00	964,24	3,03	0,98	0,98	976,69
69	896,00	964,94	2,91	0,94	0,94	947,36
70	846,00	952,08	2,13	1,00	1,00	912,71
71	1119,00	966,58	2,74	1,07	1,07	951,90
72	974,00	972,67	2,91	0,98	0,98	1041,01
73	979,00	983,40	3,30	0,95	0,95	956,37
74	1025,00	1000,62	4,00	0,94	0,94	936,36
75	886,00	986,45	3,09	1,02	1,02	948,98
76	899,00	973,73	2,30	1,03	1,03	1012,38
77	1010,00	975,41	2,27	1,04	1,04	1009,05
78	920,00	968,29	1,80	1,01	1,01	1016,43
79	985,00	969,82	1,79	1,02	1,02	983,38
80	1006,00	977,16	2,06	0,99	0,99	988,56
81	1004,00	987,77	2,49	0,97	0,97	973,78
82	1073,00	998,79	2,92	1,02	1,02	955,65
83	1043,00	998,66	2,76	1,07	1,07	1022,34
84	1035,00	1006,86	3,04	0,99	0,99	1066,60
85	1130,00	1027,98	3,94	0,99	0,99	1004,44
86	925,00	1026,65	3,68	0,93	0,93	1025,79
87	949,00	1020,06	3,16	1,00	1,00	959,78
88	907,00	1008,63	2,43	0,99	0,99	1018,37
89	925,00	998,93	1,83	1,01	1,01	1004,44
90	1041,00	1003,38	1,96	1,02	1,02	1006,31
91	1040,00	1007,02	2,04	1,02	1,02	1026,28
92	972,00	1005,90	1,88	0,99	0,99	1031,30
93	965,00	1007,00	1,85	0,96	0,96	993,67
94	1085,00	1014,27	2,12	1,04	1,04	971,54
95	1105,00	1018,50	2,22	1,07	1,07	1052,30
96	944,00	1013,56	1,86	0,98	0,98	1093,23
97	934,00	1007,84	1,48	0,97	0,97	990,68
98	927,00	1007,90	1,41	0,93	0,93	982,94
99	1010,00	1009,87	1,44	1,00	1,00	936,64
100	936,00	1004,40	1,10	0,97	0,97	1007,99
101	925,00	996,93	0,67	0,98	0,98	980,34
102	860,00	982,08	-0,11	0,98	0,98	979,88
103	1081,00	989,55	0,27	1,04	1,04	959,68
104	1139,00	1006,35	1,10	1,03	1,03	1032,53

Tabla 42. Previsión Método Holt-Winters Material_2 (alfa=01;
beta=0,05; gamma=0,3)

alfa	beta	gamma	Error cuadrático
0,30	0,30	0,30	591.218,50
0,20	0,20	0,20	523.356,42
0,10	0,10	0,10	505.485,47
0,10	0,10	0,30	452.574,82
0,20	0,15	0,10	541.441,76
0,30	0,10	0,10	549.316,83
0,05	0,05	0,15	493.928,32
0,10	0,05	0,30	447.060,93
0,05	0,05	0,30	462.285,00

Tabla 43. Errores Cuadráticos Método Holt-Winters Material_2