



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

“Planeación de materiales técnicos de consumo en una aerolínea”

INFORME

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

Escobedo Mendoza Edgar Ernesto

DIRECTOR:

M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS



MÉXICO, D.F. 2014

Índice

Introducción.....	2
CAPÍTULO 1: Descripción de la empresa	3
1.0 Objetivo del capítulo	3
1.1 Marco Histórico (Aeroméxico)	3
1.2 Flota.....	4
1.3 Misión.....	4
1.4 Visión	4
1.5 Valores	4
1.6 Cadena de Suministro	4
1.7 Áreas de la cadena de Suministro	5
1.8 Comunicación entre eslabones de la cadena	5
1.9 Organigrama	6
1.10 Descripción del puesto de trabajo.....	7
CAPÍTULO 2: Materiales técnicos de consumo.....	9
2.0 Objetivo del Capítulo	9
2.1 Descripción de materiales técnicos de consumo	9
2.2 Código de importancia del material	9
2.3 Clasificación del Material.	10
2.4 Material Cuadro Básico y No Básico	10
2.5 Línea de productos.....	11
Capítulo 3: Control de inventarios e indicadores	11
3.0 Objetivo del capítulo	11
3.1 Metodología de análisis.....	11
3.2 Análisis de Casos	16
3.2.1 Respirador desechable.....	17
3.2.2 Bit 1/4"	23
3.2.3 Disc Roloc 2" (Marrón).....	28
3.2.4 Disc Roloc 2" (Canela)	33
3.2.5 Disc Roloc 2" (Azul)	38
3.2.6 Pincel 1"	43
3.2.7 Bit 5/16"	48
3.2.7.6 Alcohol	53
4 Conclusiones.....	59
Bibliografía.....	59
Apéndice 1	60

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo es un reporte de las actividades que se llevaron a cabo dentro de la empresa Aerovías de México como planeador de materiales técnicos de consumo y tiene como objetivo mostrar la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería industrial a la industria aeronáutica en el área de cadena de suministro, más específicamente en el control de inventarios que permitan tener un mejor control de los recursos de la empresa, asegurando la disponibilidad del material utilizado para la reparación de los aviones con un nivel de servicio alto.

Al llegar a la empresa se requería de personal debido a que el control de inventarios de la empresa de Aeroméxico connect ahora sería responsabilidad de una sola cadena de suministro, en éste caso de Aerovías de México. El personal de mayor experiencia del área estaba dedicado en el análisis de materiales de Aeroméxico Connect para poder tomar la operación de la mejor forma posible, descuidando así un poco la operación de Aerovías México, generando así vacantes.

El objetivo principal de la cadena de suministro es mantener un alto nivel de servicio siempre y cuando se mantenga dentro del presupuesto. La problemática y el reto al llegar a la empresa era mantener el buen nivel de servicio que se había tenido hasta el momento pero ahora soportando la operación de Aeroméxico Connect realizando análisis, dando seguimiento a las demandas, generando el abasto oportuno y correcto para no incrementar el valor del inventario sin razón alguna.

En el primer capítulo se describe de forma general a la empresa y el papel que tiene la cadena de suministro dentro de ella.

En el capítulo 2 se describen las características y clasificaciones de los materiales técnicos que se abastecen por medio de la cadena de suministro.

En el capítulo 3 se muestra la metodología utilizada durante el análisis de abastecimiento para una mejor toma de decisiones, que permitieron tener mejoras en los indicadores de nivel de servicio, valor de inventario y Rotación de inventario, así como las consideraciones tomadas en cuenta dependiendo de la peculiaridad de cada material.



CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.0 Objetivo del capítulo

Describir a la empresa a través de sus características, organización, misión y visión, así como el ramo de negocios en el que se desarrolla y la participación que tiene la cadena de suministro dentro de ella.

1.1 Marco Histórico (Aeroméxico)

Aerovías de México es la aerolínea más grande de México y ofrece una gran variedad de viajes nacionales e internacionales.

En 1934 se fundó Aeronaves de México. La escasez de aviones, refacciones y motores provocada por la Segunda Guerra Mundial, obligaron a la empresa a buscar un socio en el medio aeronáutico y es así como Aeronaves de México vendió a Pan American el 25% de sus acciones.

En 1980 la crisis afectó el tráfico de pasajeros y el 15 de abril de 1988 estalló una huelga que derivó en la quiebra de la empresa y la suspensión de las operaciones. La sindicatura quedó en manos del gobierno. Fue hasta el 7 de septiembre de 1988 que se constituyó la empresa Aerovías de México, S.A. de C.V., conservando el nombre comercial de Aeroméxico y el emblema del Caballero Águila.

El 17 de abril inició operaciones Aerolitoral como línea aérea regional y alimentadora del sistema de Aerovías de México, con una flota inicial de seis aeronaves.

En el año 2000 junto con Air France, Delta Airlines y Korean Air, se fundó una nueva alianza global: SkyTeam. Dicha alianza – a la que más tarde se incorporaron Czech Airlines, Alitalia, Continental Airlines, KLM, y Northwest, entre otras –, permite competir a nivel mundial y sumar múltiples beneficios para satisfacer a los clientes.

El 12 de julio de 2006 inició operaciones la Empresa de Mantenimiento Aéreo, EMA, la cual se encarga de la realización de los diferentes servicios de mantenimiento principalmente a la flota de B737. Posteriormente en 2011 se anuncia una nueva etapa de la alianza comercial que mantiene EMA con Delta Air Lines para ampliar el código compartido y consolidar los servicios que ya hoy realiza a través de Aeroméxico MRO.

En 2007 Aerolitoral cambió su nombre comercial a Aeroméxico Connect, con el fin de vincular su operación con la marca del Caballero Águila.

Grupo Aeroméxico actualmente está conformado por:

- Aeroméxico Cargo
- Aeroméxico Capacitación
- Aeroméxico Connect
- Aeroméxico MRO
- Aeroméxico Servicios



1.2 Flota

Actualmente en 2014, Aerovías de México, cuenta con una flota de 62 Aeronaves, de las cuales 4 son **B777-2**, 4 son **B767-2**, 3 son **767-3**, 28 son **B737-7**, 19 son **B737-8** y 4 **B787-8**

Para el año 2014 se espera la incorporación de 5 aeronaves más del modelo B787-8 Dreamliner, ya que Aeroméxico cuenta con planes de renovación de flota para mantenerse a la vanguardia y ofrecer un mejor servicio al cliente.

1.3 Misión

Ser una empresa de transporte aéreo que de manera segura y eficiente proporcione para sus clientes servicios de calidad, con rentabilidad y en armonía con nuestros colaboradores, la comunidad y el medioambiente.

1.4 Visión

Ser la opción preferida para volar en nuestro país y de Mexico al resto del mundo, por nuestra conectividad, servicio de excelencia y calidez.

1.5 Valores

- Calidez.- Es el rasgo que nos distingue en el trato con nuestros clientes, compañeros, colaboradores y jefes. Es un toque personal de hospitalidad y amabilidad.
- Lealtad.- Es el orgullo de pertenecer a nuestra empresa. Es valorarla, defenderla y cuidarla.
- Responsabilidad.- Es cumplir con los compromisos y obligaciones. Ser conscientes de las consecuencias de nuestras acciones y decisiones.
- Honestidad.- Es conducirse con base en la verdad y actuar con rectitud. Es actuar con apego a las leyes y las normas que nos rigen.
- Respeto.- Es considerar la dignidad y el valor de la persona. Es la comprensión de los demás y su circunstancia.
- Trabajo en equipo.- es la suma de esfuerzos que permiten el cumplimiento de los objetivos del negocio y la satisfacción de nuestros clientes. La experiencia de vuelo la hacemos todos.

1.6 Cadena de Suministro

La cadena de suministro es aquella que está formada por todas las partes involucradas en la satisfacción de las solicitudes de los mecánicos.

Dentro de la cadena entran los fabricantes, proveedores, planeación, compras, almacén y transportistas, todos con un fin común, que el usuario final tenga el material solicitado.

La cadena de suministro es un trabajo que abarca muchas áreas y se conforma por varios eslabones para satisfacer las necesidades del cliente final, a quien se le entrega el producto terminado.

Todos los eslabones son muy importantes, por ello en la empresa se le da mucho peso a la relación con los proveedores y/o fabricantes, ya que deben de ser empresas serias que cumplan con ciertos estándares y que respeten al máximo los tiempos de entrega establecidos. El manejo de varios proveedores de un material, permite la competencia entre ellos y beneficia a la empresa para adquirir materiales a mejores precios con igual o mejor calidad.

Al tratarse de Aeroméxico, los proveedores saben que tienen una gran responsabilidad ya que Aeroméxico es muy riguroso en cuanto a los tiempos de entrega previamente acordados con ellos.

1.7 Áreas de la cadena de Suministro

En la cadena de suministro existen 3 áreas principales.

-  Planeación
-  Compras
-  Almacén

Planeación es la responsable de elegir qué material comprar, cuándo se necesita el material en almacén, cuánto comprar y dónde se requiere el material. La decisión adoptada es muy importante para la cadena, ya que tiene en sus manos el Valor del inventario y la rotación del mismo.

El área de compras es la encargada de contactar a los proveedores y de realizar las negociaciones pertinentes para que el material llegue en tiempo y forma. Ésta área tiene la responsabilidad de comprar el material correcto y que cumpla con todas las características y/o certificaciones necesarias para el ramo aeronáutico.

Y por último el área de almacén es el encargado del resguardo, control, recepción y despacho del material que ingresa día a día. El área tiene la responsabilidad de recibir el material correcto y con las certificaciones requeridas, ya que en ocasiones el proveedor envía erróneamente material con un número de parte similar al requerido. Otras de las responsabilidades son el resguardo del material, es decir, el acomodo correcto del material para evitar algún accidente y/o el daño de componentes, así como el correcto almacenaje de los productos químicos.

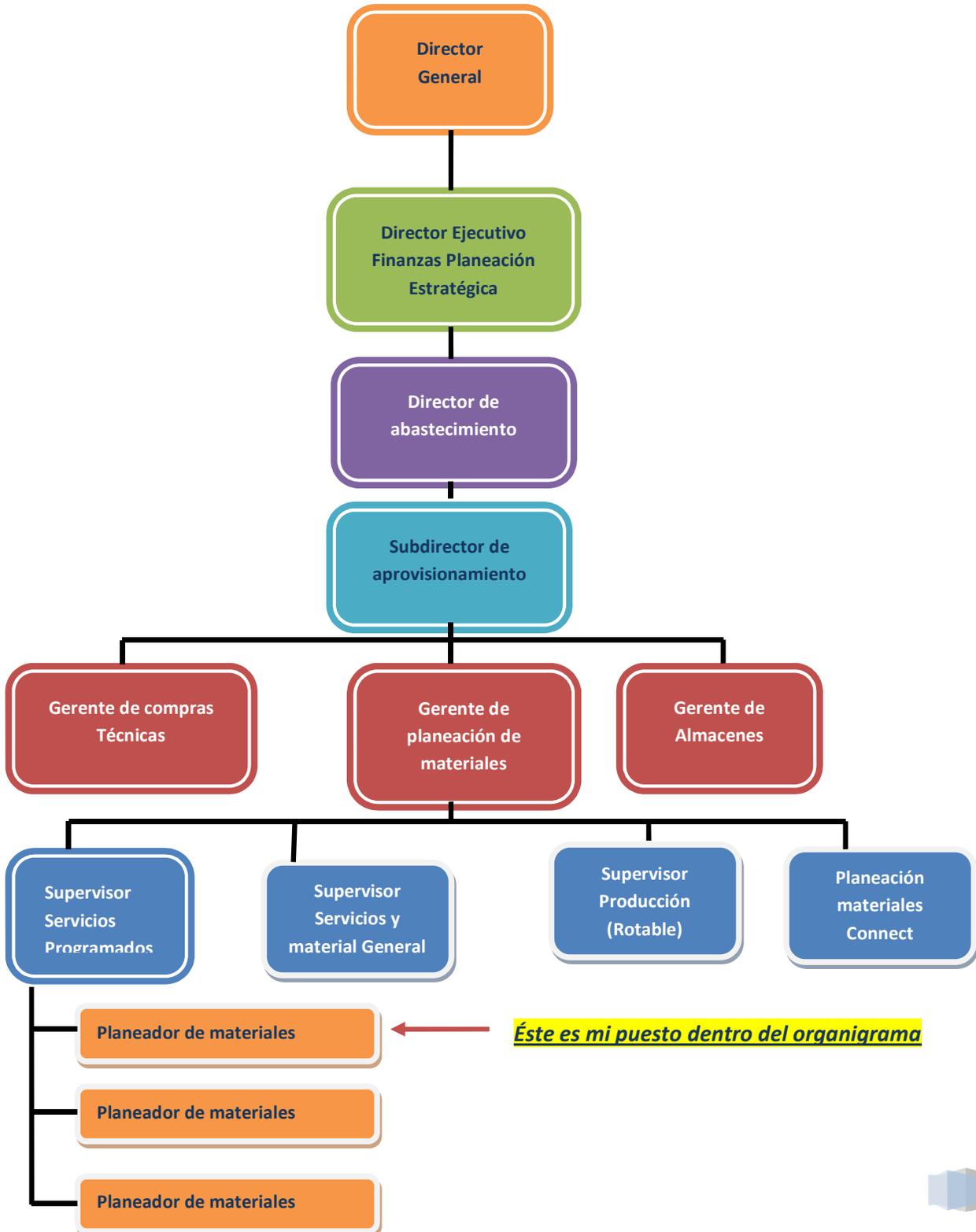
1.8 Comunicación entre eslabones de la cadena

La comunicación entre los eslabones de la cadena (planeación, compras y almacén) es muy importante, ya que es una responsabilidad compartida que el material esté disponible cuando los mecánicos lo soliciten ya que planeación tiene que solicitar a tiempo el material, compras debe de atender las solicitudes del material en tiempo y almacén debe de ingresarlo en los tiempos establecidos.

Como nos podemos dar cuenta, todo depende de que cada área cumpla con su trabajo en los tiempos establecidos, una demora en uno de los eslabones, ocasiona un retraso en la disponibilidad del material.

1.9 Organigrama

Gráfico 1.1. Organigrama de la cadena de suministro



1.10 Descripción del puesto de trabajo

Las actividades desempeñadas en la empresa de Aerovías de México SA de CV, están dentro de la cadena de suministro, en el área de planeación de materiales.

En la dirección de abastecimiento los materiales están divididos en 3 tipos:

- ❖ **Los materiales generales** son aquellos de uso común que no afecta directamente a la operación del avión, pero que son importantes para el funcionamiento de la empresa y para la atención de los pasajeros (Papelería, productos de higiene, alimentos dentro del avión, etc.).
- ❖ **Los materiales técnicos** de consumo son aquellos que son utilizados de forma directa o indirecta para el mantenimiento de las aeronaves y/o uso del personal de talleres (Trapo, solventes, pinturas, sellos, etc.) y que éstos materiales dependiendo de su importancia pudieran condicionar la aeronavegabilidad del avión.
- ❖ **Los materiales rotables**, son aquellos componentes que sufren desgaste y por consecuencia requieren de un mantenimiento para poder ser utilizados nuevamente en el avión (Ruedas, frenos, motores, etc.). Éstos componentes son reparados en los talleres internos o bien se mandan a talleres externos dependiendo de la capacidad de reparación.

Yo soy el responsable de planear las adquisiciones de materiales técnicos de consumo que son utilizados para realizar los servicios o tareas de mantenimiento en el avión. Entre los que se encuentran brocas, machuelos, tornillos, rondanas etc., así como materiales químicos los cuales tienen fechas de caducidad y en el cual el análisis de la demanda tiene que ser un poco más cuidadoso para evitar que se caduque el material.

Los materiales de consumo tienen tanto demanda determinista como estocástica, debido a que en el servicio programado ya se tiene identificado el material requerido para realizar las tareas de mantenimiento, sin embargo, dentro de esa lista de materiales, algunos son considerados “como se requiera” como puede ser el caso del trapo o algunos solventes, en el que los técnicos pudieran requerir diferente cantidad de material en cada evento al tratarse del mismo servicio, siempre y cuando no exceda en demasía el consumo promedio.

Debido a estas fluctuaciones, se realiza un análisis de la demanda del material tomando en cuenta ambas situaciones, verificar lo que se ocupará en los servicios (teóricamente) y las fluctuaciones que pudiera tener, para lo cual se utiliza diferentes modelos de pronósticos para poder predecir la demanda del material y abastecer a tiempo el requerimiento.

Con base al pronóstico obtenido, se determina qué, cuánto y cuándo pedir el material, y obtener el lote económico (EOQ), Punto de reorden (PR) y stock de seguridad (SS), tomando en cuenta el precio del material, por cuestiones de presupuesto.

Dentro de la planeación de los materiales de consumo, se tienen materiales con cierta peculiaridad, debido a que se manejan grandes volúmenes y repercuten tanto en espacio del almacén como en precio, ya que si bien el precio unitario puede ser muy bajo, al pedir grandes volúmenes el gasto se eleva. Por lo que se ha optado por manejarlo como pedidos abiertos con entregas tanto mensual, como semanal, dependiendo del espacio que pudiera ocupar el

material. Esto permite tener un mejor control, supervisión y sensibilidad de la demanda del material.

Otra de las actividades que se realiza, es la distribución del material a las estaciones de mantenimiento que se encuentran en México y Guadalajara, para mantener un equilibrio en los niveles de inventario, tomando en cuenta la demanda de cada estación.

Dentro de las actividades anteriores se toman decisiones para poder mantener un buen control de inventario, ya que se tienen ciertas métricas que permiten evaluar la planeación realizada, entre éstas métricas se encuentran el Nivel de Servicio, Cantidad de agotados, Rotación del inventario, Prioridad del requerimiento (Normal o Urgente), entre otros.

Mi puesto no está enfocado principalmente en realizar en pronóstico de la demanda, sin embargo el utilizar métodos de pronósticos me permite tener un mejor control del inventario y al tener una demanda cambiante en algunos materiales, me permite anticiparme para abastecer oportunamente trabajando en conjunto con el EOQ, SS y PR.

La principal responsabilidad del planeador es cuidar el nivel de servicio, el cual se traduce en tener material disponible cuando el mecánico lo solicite, sin embargo, no se puede sobre abastecer, debido a que otros de los puntos que se deben considerar son el valor del inventario y su rotación. Con el fin de lograr el objetivo de la mejor manera se utilizan los pronósticos, ya se puede solicitar entregas programadas de materiales, lo que permite mantener un nivel bajo del valor del inventario y aumentar su rotación.



CAPÍTULO 2: MATERIALES TÉCNICOS DE CONSUMO

2.0 Objetivo del Capítulo

Conocer las peculiaridades del material técnico de consumo, así como su clasificación de acuerdo al nivel de importancia y/o movimientos.

2.1 Descripción de materiales técnicos de consumo

La principal característica de un material de consumo es que una vez que fue usado y/o se encuentra dañado, es reemplazado por uno nuevo de su misma calidad y característica. Por ejemplo si se funde una lámpara, ésta es reemplazada por una nueva.

Los materiales técnicos de consumo son utilizados por los talleres de reparación para realizar los mantenimientos programados, no programados, órdenes de ingeniería, reparaciones, etc. y que comprende diversos materiales que pueden o no ser instalados en los aviones pero que son de mucha importancia para la operación como tornillos, empaques, sensores, químicos, rondanas, tuercas, cable, etc.

Un claro ejemplo de un material que no va instalado en el avión pero que es de suma importancia es el trapo, el cual si bien no deja el avión en tierra, es de uso cotidiano y de mucha demanda para el uso de todo el personal del hangar. En esta misma situación se encuentran por ejemplo guantes para solventes, trajes tyvec, guantes de carnaza, fibra, masking, mascarillas, entre otros.

Otros tipos de material de consumo son más delicados, ya que deben tener certificaciones que avalen su aplicabilidad para la industria aeronáutica, además de que cuentan con fechas de caducidad lo cual implica una mejor planeación para minimizar la cantidad de material que caduca.

2.2 Código de importancia del material

Todos los materiales técnicos tienen un código de importancia, dependiendo de qué tan indispensable son para la operación de las aeronaves, los códigos con los siguientes:

- Material **AOG**=Aircraft on ground.- Es aquel material que de encontrarse dañado, requiere sea sustituido inmediatamente, de lo contrario, el avión no puede ser volado ya que pone en riesgo su buen funcionamiento. La falta de éste material deja el avión en tierra y con ello grandes pérdidas para la empresa.
- Material **Mel**= minimum equipment list. - Es aquel material que dependiendo de las condiciones externas, pudiera ser diferido su cambio, pero que inevitablemente deberá ser sustituido dentro de un lapso de tiempo establecido.

- **Material Routine.**-Es aquel material que no pone en riesgo la aeronavegabilidad del avión. Esta clasificación no significa que el material no sea importante ya que si bien un sellante pudiera no afectar que un avión vuele, es importante para los trabajos de mantenimiento u órdenes de ingeniería que si no son realizados, si podrían dejar el avión en tierra.

2.3 Clasificación del Material.

Los materiales se encuentran clasificados, dependiendo del número de meses con movimientos y/o su código de importancia. Para distinguirlos se les asignan números o con un acrónimo de 3 letras:

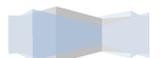
- **0 Act (Activo)**
 - AOG.- Se le considera activo a aquel material que tiene al menos 1 mes con movimiento en los últimos 12 meses.
 - Mel.- Se le considera activo a aquel material que tiene al menos 2 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
 - Routine.- Se le considera activo a aquel material que tiene al menos 4 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
- **1 Ins (cancelar al llegar a cero).**- Es aquel material que una vez que se termine en almacén, ya no debe de ser comprado. Generalmente se trató de material activo que tuvo algún sustituto o fue reemplazado.
- **2 sur (surplus).**- Es aquel material que ya no es útil para la flota de la empresa y por ello se pone en venta a otras aerolíneas.
- **5 OAS (ordenar a solicitud).**- Es material que tiene muy poco movimiento y su consumo es eventual, generalmente el usuario lo pide con anticipación para su abasto. Dependiendo de la cantidad de movimientos e importancia, pueden pasar a material activo para que se abastezca con regularidad.
- **9 DEL (Borrar en un mes).**- Es aquel material que se desea eliminar del sistema.

2.4 Material Cuadro Básico y No Básico

Dentro de los materiales activos se distinguen 2 tipos de materiales:

Cuadro Básico.- Es aquel material activo que registra movimiento en 8 de los últimos 12 meses y es muy importante para mantener un buen nivel de servicio ya que son materiales de alta demanda que pudieran ocasionar muchos agotados del material, lo cual repercutiría en el indicador de Nivel de Servicio.

Cuadro no Básico.- Es aquel material activo que registra 7 o menos movimientos en los últimos 12 meses. En estos materiales se tienen que moderar el abasto, ya que al no moverse demasiado, repercutiría tanto en la rotación como en el valor del inventario en caso de que fuera costoso.



2.5 Línea de productos

La línea de productos está principalmente diferenciada dependiendo de la flota a la cual se aplica o bien del tipo de material como lo es el caso de los materiales químicos. En éste caso se le asigna a cada planeador una línea de productos para que le dé seguimiento y realice el abasto del mismo, en mí caso, tengo a mi cargo la línea de productos Generales.

Las líneas de productos existentes son:

- **Reparación mayor.**- Son aquellos materiales utilizados el mantenimiento de la flota B737 y que generalmente van instalados en el avión.
- **Línea.**- Son los materiales utilizados para la atención de la flota pero que no son materiales de mantenimiento recurrente, ya que dichos mantenimientos los realiza otra empresa por medio de outsourcing. Éstos materiales tienen demanda estocástica.
- **Generales.**- Son materiales que son de uso general y que no van instalados en el avión, sin embargo, son de suma importancia para el día a día de los mecánicos.
- **Delta.**- Es material utilizado para el mantenimiento que le brinda Aeroméxico a los aviones de Delta Airlines y que aplican solamente a ésta flota.
- **ERJ (connect).**-Es material que se utiliza para el mantenimiento de la flota de Aeroméxico Connect, ya que se trata de aviones del fabricante Embraer a diferencia de la flota de Aeroméxico que son Boeing.
- **Ordenes de Ingeniería.**- Es material utilizado para la aplicación de órdenes de ingeniería y que pueden o no ser repetitivas, la mayoría de ellos sólo son ocupados mientras se cumple la aplicación de las Ordenes de ingeniería a las matrículas involucradas y no representaría una demanda constante.

CAPÍTULO 3: CONTROL DE INVENTARIOS E INDICADORES

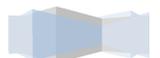
3.0 Objetivo del capítulo

Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera a casos específicos de análisis para realizar toma de decisiones para el control de inventarios.

3.1 Metodología de análisis

La metodología utilizada en el análisis de los materiales está basada en 5 etapas:

- I. Análisis Histórico de la demanda
- II. Métodos de evaluación de Pronósticos
- III. Error de pronóstico e indicadores de Error
- IV. Estrategias de ajuste
- V. Indicadores del inventario



1.-Análisis histórico de la demanda

El primer paso es la obtención de datos históricos de la demanda ya que el contar con antecedentes es muy importante para observar su comportamiento a lo largo del tiempo, ya que al graficarlo nos podemos percatar si presenta tendencia, dispersión, estacionalidad o bien si tiene un comportamiento lineal.

Esto nos sirve para poder pronosticar la demanda futura a partir de los diferentes métodos de pronósticos.

2.-Métodos de Pronósticos

El método de evaluación es muy importante, ya que de aquí parte el análisis para la determinación de qué, cuándo y cuánto comprar. Los métodos de pronóstico nos ayudan a tratar de pronosticar la demanda futura del material.

Los métodos de pronóstico de la demanda utilizados para el análisis fueron 3: promedio móvil, Suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble.

- **Promedio Móvil.**-Es un método de pronóstico que promedia los datos más recientes y permite responder rápidamente a los cambios de la demanda.

Un promedio móvil (PM) del orden N es sencillamente el promedio aritmético de las observaciones N más recientes. (Nahmias, 2007)

$$PM = \frac{1}{N} \sum_{t=T-N+1}^T d_t \dots\dots\dots (1)$$

- **Suavizamiento exponencial Simple.**- Es un método de pronóstico que nos permite ponderar el error cometido en el periodo anterior mediante una constante de atenuación α . El pronóstico se calcula a partir de un pronóstico anterior y el nuevo dato.

El pronóstico en cualquier periodo t es el pronóstico en el periodo t-1 menos cierta fracción del error del pronóstico observado en el periodo t-1. (Nahmias, 2007)

La ecuación para éste método es:

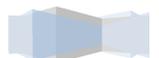
$$F_t = \alpha d_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

d_{t-1} es el valor real de la demanda en el periodo t-1.

F_{t-1} es el valor pronosticado para el periodo t-1.

α es la constante de atenuación y va de 0 a 1.



- **Suavizamiento exponencial doble.**- Es la segunda aplicación del método de suavizamiento exponencial a los pronósticos obtenidos durante el primer suavizamiento.

La expresión para éste método sería:

$$F_t' = \alpha F_{t-1} + (1 - \alpha)F'_{t-1} \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

f_{t-1} es el valor obtenido en el primer suavizamiento en el tiempo t-1.

F'_{t-1} es el valor pronosticado para el periodo t-1.

α es la constante de atenuación y va de 0 a 1.

3.- Error del pronóstico e indicadores de error

Después de la obtención de los pronósticos, es necesario evaluar cuál de ellos es más efectivo y se acerca más a los consumos reales.

El error de pronóstico es la diferencia entre la demanda real y el valor pronosticado.

$$e_T = d_T - F_T \dots \dots \dots (6)$$

Donde

e_T es el error de pronóstico.

d_T es la demanda real en el tiempo T.

F_T es el pronóstico en el tiempo T.

Los indicadores de error utilizados fueron DAM, MAPE y ECM.

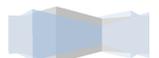
- **DAM (Desviación Media Absoluta).**- Es el valor promedio del valor absoluto de los errores del pronóstico y nos permite identificar que tan alejado o cercano está el pronóstico de la realidad. Un valor pequeño indica que el pronóstico es cercano a la demanda real, por el contrario, un valor grande indica que se tiene problemas con el sistema de pronóstico.

Se expresa de la siguiente manera:

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \dots \dots \dots (7)$$

- **MAPE (Porcentaje absoluto medio del error).**- Es el error relativo a la magnitud de los pronósticos en porcentaje. Si el MAPE es 15%, esto nos indica que los pronósticos se alejan en promedio 15% del valor real (Sipper & Bulfin, 1998).

Se obtiene de la siguiente manera:



$$MAPE = \frac{1}{T} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} * 100 \right) \dots\dots\dots (8)$$

- **ECM (Error cuadrático medio).**- Es el valor promedio de los errores del pronóstico elevados al cuadrado.

Se obtiene de la siguiente manera:

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2 \dots\dots\dots(9)$$

4.-Estrategias de Ajuste

Una vez evaluados los pronósticos, se debe decidir qué, cuánto y cuándo comprar, para ello nos basamos en información de la empresa, modelos de tamaño de lote económico y en algunos casos la experiencia. Para ello debemos de conocer algunos conceptos que se utilizaron para determinar cuánto comprar y cuándo debe de estar disponible en almacén.

- **EOQ (Cantidad económica a ordenar).**- Es la cantidad a solicitar en la cual los costos de almacenar y costos por ordenar son mínimos. Se expresa como:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2kD}{h}} \dots\dots\dots (10)$$

Donde

k es el costo por ordenar

c es el costo unitario

i es costo anual de mantener el inventario (% año)

h=ic=costo anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año)

D es la demanda por unidad de tiempo

- **Stock de seguridad.**- Es una cantidad específica de material que debe permanecer en almacén para soportar las desviaciones de la demanda y/o los tiempos de entrega de los proveedores.

Se calcula de la siguiente manera:

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots\dots\dots(11)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de espera para la entrega.

- **Punto de reorden:** Es la cantidad de inventario necesario para soportar la demanda durante el periodo de tiempo de reabastecimiento, desde el momento que se solicita la compra, hasta su llegada en almacén. En cuanto el nivel de inventario llega a la cantidad del punto de reorden, se debe realizar la compra.

El punto de reorden se calcula:



$$PR = (\lambda * LT) + SS \dots\dots\dots(12)$$

Donde

λ es la demanda promedio por unidad de tiempo

LT es el tiempo que tarda en llegar el material

SS es el inventario de seguridad

- **Estacionalidad de la demanda.**- Una serie estacional es aquella que tiene un patrón que se repite cada N periodos para algún un valor de N (Nahmias, 2007).

Para obtener el Factor de estacional, el método es el siguiente (Nahmias, 2007):

1. Calcule la media de la muestra de todos los datos
2. Divida cada observación por la media de la muestra. Esto da los factores estacionales para cada periodo de datos observados.
3. Promedie los factores para los periodos semejantes dentro de cada estación. Esto es, promedie todos los factores correspondientes al primer periodo de una estación, todos los factores correspondientes al segundo periodo de una estación, y así sucesivamente.

5.-Indicadores del inventario

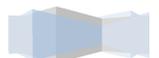
Los indicadores de inventario nos permiten evaluar el estado actual del inventario, así como identificar la eficacia de los métodos de pronóstico, EOQ, SS, etc. Todo esto para tener un mejor control, ya que el inventario representa dinero que está bajo resguardo y debemos de tener la certeza de que se está comprando lo necesario para la operación. En ésta parte trabajamos con 3 indicadores principales:

- **Nivel de servicio (NS).**-Es la razón que mide la eficiencia para atender la demanda del cliente, contando con el material suficiente para soportar dicha demanda.

El nivel de servicio se mide de la siguiente manera:

$$NS = \frac{\# \text{ salidas atendidas}}{\# \text{ salidas atendidas} + \# \text{ agotados}} * 100\% \dots\dots\dots (13)$$

- **Valor del inventario (VI).**- Es el valor monetario del inventario en un momento establecido y nos indica cuánto dinero tenemos invertido en almacén y de forma indirecta nos ayuda a saber cuánto nos está costando el mantenerlo.



Se calcula de una forma muy sencilla:

$$VI = Q * P \dots\dots\dots (14)$$

Donde

Q es la cantidad en almacén de un artículo determinado.

P es el precio unitario de la última compra realizada.

- **Rotación de inventario (Rot).**- Es el número de veces en que se renuevan la existencias durante un periodo determinada. Generalmente la relación de hace en términos de piezas pero para nuestro análisis se hará en términos monetarios y con periodicidad mensual. Se calcula de la siguiente manera:

$$Rot = \frac{\#salidas\ atendidas\ en\ el\ mes * precio}{VI\ promedio\ de\ los\ ultimos\ 12\ meses} \dots\dots\dots (15)$$

En general, durante la evaluación de la rotación total, afecta más la adquisición de material costoso que dure más tiempo en consumirse que el material con grandes coberturas y que su precio sea muy pequeño.

3.2 Análisis de Casos

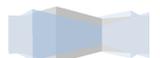
Soy responsable de 800 materiales, de los cuáles 499 son materiales activos y que al realizar un análisis ABC, se obtuvo que 58 de los materiales eran de categoría A y que representan tan solo el 12% del total de los materiales y no el 20% como se podría esperar, esto es porque el material más caro dentro de los 499 es el trapo, que se maneja como pedido abierto con entregas semanales debido al costo alto y volumen que ocupa. Cabe destacar que tan solo éste material representa el 22% del gasto. Éste comportamiento se debe a que la mayoría de los materiales generales tienen un precio bajo a comparación de los materiales categoría A.

Para los fines de análisis no se realizó un análisis particular del trapo, debido a que sus entregas se solicitan semanalmente de acuerdo a como se requiera el material y no se realiza gran trabajo de pronóstico debido a que se tiene un tiempo de respuesta rápido.

Se analizó el comportamiento de los 8 materiales siguientes de categoría A que representaban el 18% del gasto, en los cuales se aplicaron pronósticos y control de inventarios para satisfacer la demanda del material.

Los materiales analizados son:

- Respirador desechable
- Bit 1/4"
- Disc roloc 2" (marron)
- Disc roloc 2" (canela)
- Disc roloc 2" (azul)
- Pincel 1"
- Bit 5/16"
- Alcohol



3.2.1 Respirador desechable

Este artículo fue abastecido con entregas programadas mensualmente, ya que su precio unitario es bajo, pero al manejar cantidades grandes, su valor de inventario es grande.

Se trata de un respirador desechable que usualmente ocupan los trabajadores del hangar para realizar sus actividades cotidianas y que les permite tener una protección de vías respiratorias para evitar afectaciones y/o consecuencias debidas a los trabajos que realizan.

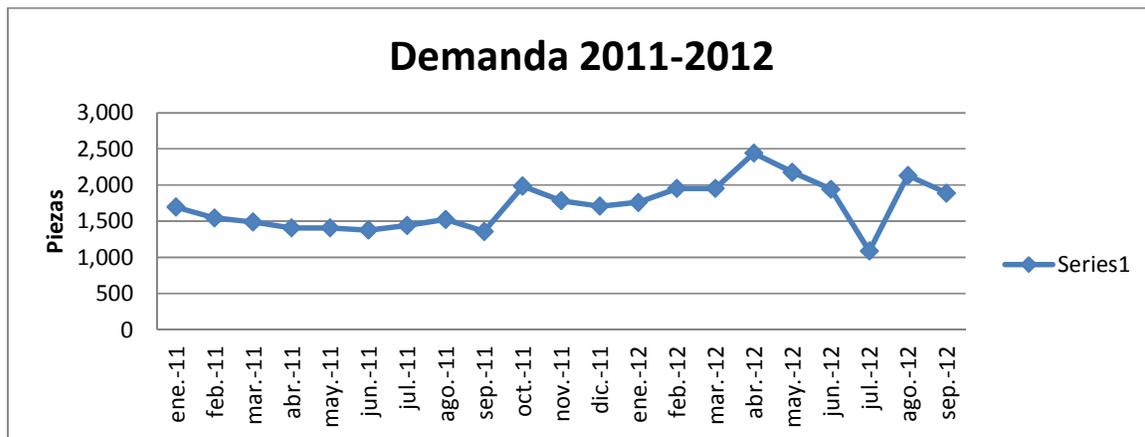
Al tratarse de un equipo de protección personal, es muy importante asegurar las existencias, ya que se trata de equipo para cuidado de la salud de los trabajadores, lo cual es prioritario.

3.2.1.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Octubre 2012)

Tabla 3.2.1. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	3,041	2,528	2,537	2,646	2,286	2,838	1,618	1,294	1,771	2,465	3,075	1,809	27,908
CONSUMO 2009	2,555	2,230	1,146	4,504	1,319	483	1,144	1,046	1,482	1,441	1,682	687	19,719
CONSUMO 2010	1,602	1,887	1,856	1,303	1,153	1,017	1,138	1,186	1,122	1,380	1,467	531	15,642
CONSUMO 2011	1,697	1,545	1,489	1,406	1,406	1,377	1,442	1,525	1,359	1,986	1,783	1,708	18,723
CONSUMO 2012	1,760	1,952	1,952	2,440	2,179	1,943	1,088	2,132	1,889				17,335

Gráfico 3.2.1. Histórico de la demanda 2011-2012



3.2.1.2 Aplicación de pronósticos

Al contar con la información de los consumos históricos del material, se decidió liberar el requerimiento de forma programada, es decir, con entregas mensuales durante los próximos 12 meses. Esto debido al valor monetario que representaba la compra.

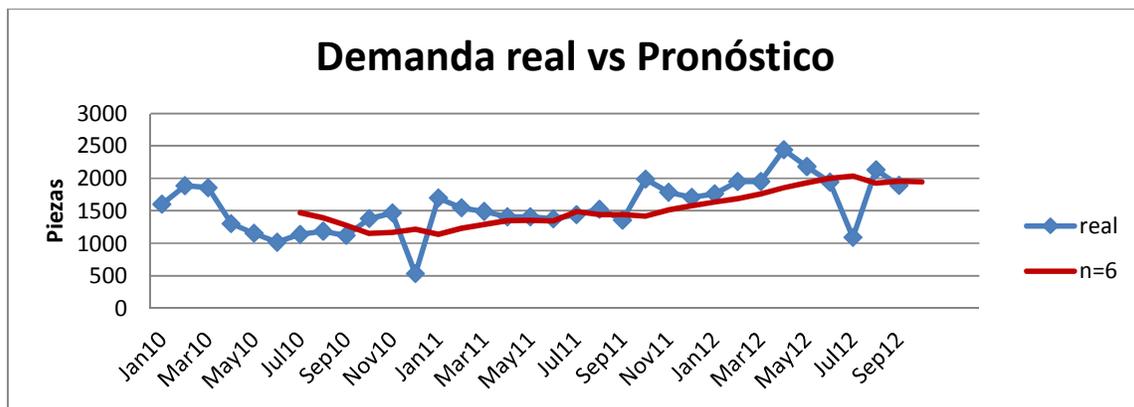
El primer paso fue determinar un Consumo promedio mensual, para el cual se utilizó los métodos de pronósticos de promedio móvil, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble, tomando en cuenta los últimos 3 años. **(Véase Apéndice 1)**

- ❖ **Promedio móvil.** En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=6$, ya que tiene la menor DAM, menor ECM y MAPE.

Tabla 3.2.2. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	2011	1703	1763	1846	1945	1946	1947	1926	1904
DAM	274	270	259	261	258	264	276	278	298
MAPE	22%	22%	21%	21%	20%	20%	21%	21%	22%
ECM	141382	137340	128754	125460	116667	120155	127459	136196	147655

Gráfico 3.2.2. Comparación demanda real vs pronóstico elegido



- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.-** se obtuvieron los siguientes datos y se eligió el CPM con alfa de 0.5.

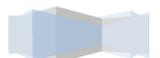
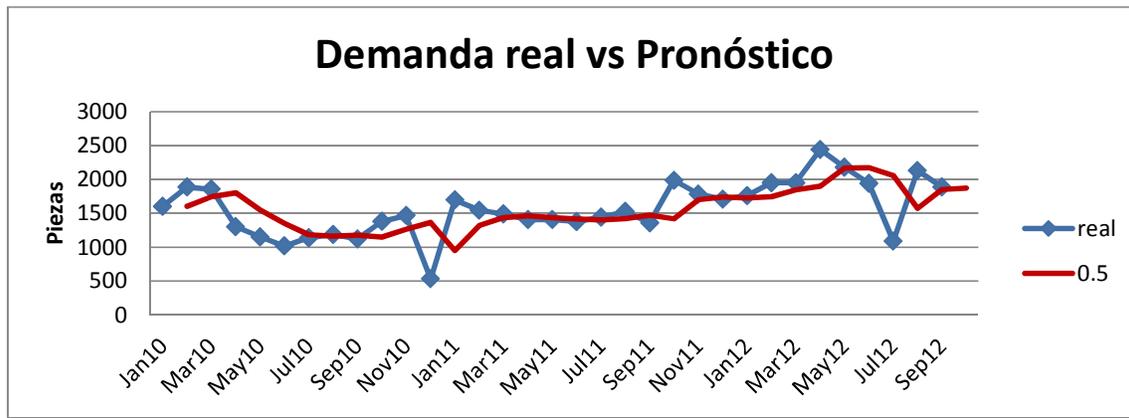


Tabla 3.2.3. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple.

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	1758	1854	1869	1868	1871	1880	1893	1903	1904
DAM	302	275	260	249	244	244	248	254	262
MAPE	23%	21%	20%	20%	19%	19%	20%	20%	20%
ECM	142431	126000	121542	122549	126382	132110	139474	148568	159739

Gráfico 3.2.3. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

- ❖ Para **suavizamiento exponencial doble** se obtuvieron los siguientes datos y se eligió el CPM con alfa de 0.5.

Tabla 3.2.4. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble.

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	1590	1775	1865	1870	1838	1808	1806	1852	1959
DAM	346	336	316	297	286	281	283	297	310
MAPE	26%	25%	24%	23%	22%	22%	22%	23%	24%
ECM	184824	168126	149528	140399	137812	139799	145777	156010	171592

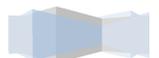
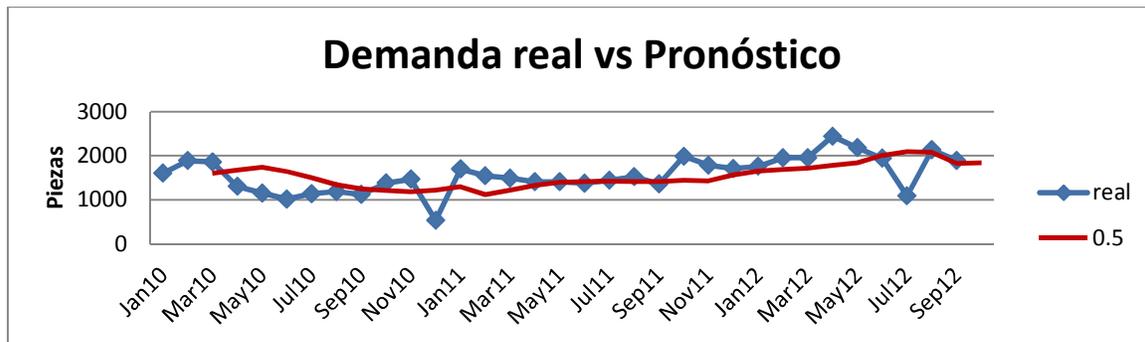


Gráfico 3.2.4. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

3.2.1.3 Evaluación del error de pronóstico.

Al analizar éstas opciones se obtuvo que el mejor pronóstico de consumo fue el método de promedio móvil, al tener el menor ECM, MAPE Y DAM.

Considerando un CPM 1,945 piezas se tendría un consumo anual estimado de 23,340 piezas.

Pero observando que la tendencia de consumo va a la alza y que el material va a ser utilizado tanto para Aeroméxico como para Connect, se consideró un aumento en la demanda del 16% por lo que el pronóstico anual sería 27,074 pzas.

3.2.1.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

Al tratarse de material que se entregará de forma mensual para evitar inflar el Valor de inventario y de mejorar la rotación del mismo, se procedió a realizar un ajuste por índice de estacionalidad para distribuir las entregas mensuales a lo largo del año y se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 3.2.5. Índices de estacionalidad.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Índice de estacionalidad	1.22	1.16	1.03	1.41	0.96	0.88	0.74	0.82	0.87	1.04	1.15	0.68

También se tomó en cuenta la flota a la que aplica, ya que el número de aviones por flota puede variar dependiendo de las desincorporaciones programadas, sin embargo, en éste caso se trata de material general que aplica a toda la flota.

Aplicando el índice de estacionalidad a la demanda pronosticada de 27,074, las entregas mensuales serían de la siguiente manera:



Tabla 3.2.6. Demanda con índices de estacionalidad.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
Índice de estacionalidad	1.22	1.16	1.03	1.41	0.96	0.88	0.74	0.82	0.87	1.04	1.15	0.68	
Consumo estimado	2765	2632	2330	3192	2165	1987	1669	1864	1978	2359	2597	1536	27,074

A ésta demanda aún falta sumarle un stock de seguridad el cual está dado por:

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (3 meses).

$$SS=(2.32)(397.43)(1.7320).$$

$$SS=1597 \text{ pzas.}$$

Por lo tanto la cantidad total del pedido sería de $27,074+1597=28,671$ y ya que se vende en múltiplos de 160, la orden se fincó por **28,800 piezas** y las 1597 de inventario de seguridad se consideraron en la primera entrega, quedando el programa 2013 de la siguiente manera:

Tabla 3.2.7. Programa de entregas.

mes	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
Qty	4640	2880	2560	2080	2080	2240	1760	1920	2080	2560	2400	1600	28800

3.2.1.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.-Al día de hoy (Ago/13) se había tenido un nivel del servicio del **100%** comparado con el año anterior(2012) que fue de **99%** y en el que se registraron **6 agotados**, es decir que en 6 ocasiones el usuario fue al almacén y no había existencias siendo un material de alta demanda. Dichos agotados se presentaron 2 en el mes de Marzo/12 3 en Julio/12 y 1 más en Ago/12.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio del inventario aumentó en 855 USD, sin embargo éste aumento va justificado por el aumento de la demanda y de mejorar el nivel de servicio evitando que el inventario llegue a cero. Lo que demuestra que el tener un nivel de servicio mayor, implica un mayor gasto. Éste material no debe de llegar a cero, ya que es parte de equipo de protección personal que se utiliza día a día y si llega a faltar, puede repercutir en retrasos de trabajos y con ello pérdidas para la empresa costosas, ya que si no se tienen las condiciones adecuadas para laborar, puede llegar a intervenir el sindicato.



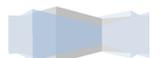
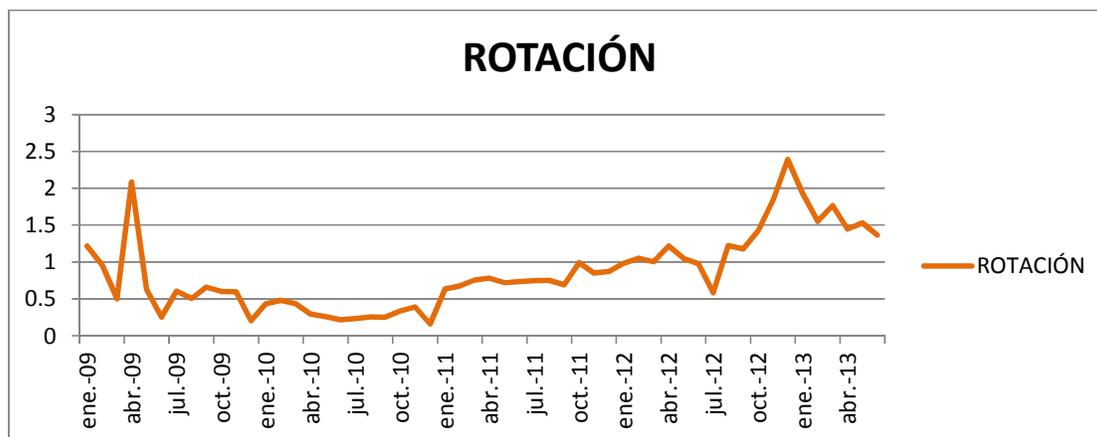
ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en lo que va del año 2013, lo cual nos indica que si bien el valor del inventario aumentó, fue debido a un incremento en la demanda, lo cual tiene como consecuencia tener un mayor inventario para poder satisfacerla, cuidando el nivel de servicio.

Al tener un aumento en la rotación de inventario nos indica que el material que se está adquiriendo mes a mes, se está utilizando en la misma proporción, evitando así tener dinero estancado en el almacén.

Tabla 3.2.8. Rotación del inventario 2012-2013.

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	0.98	1.93	96%
Febrero	1.05	1.55	47%
Marzo	1.00	1.77	76%
Abril	1.22	1.45	19%
Mayo	1.05	1.53	46%
Junio	0.98	1.37	40%
Julio	0.58	1.49	155%
Agosto	1.22		
Septiembre	1.18		
Octubre	1.42		
Noviembre	1.84		
Diciembre	2.39		

Gráfico 3.2.5. Histórico rotación del inventario 2009-2013.



3.2.2 Bit 1/4"

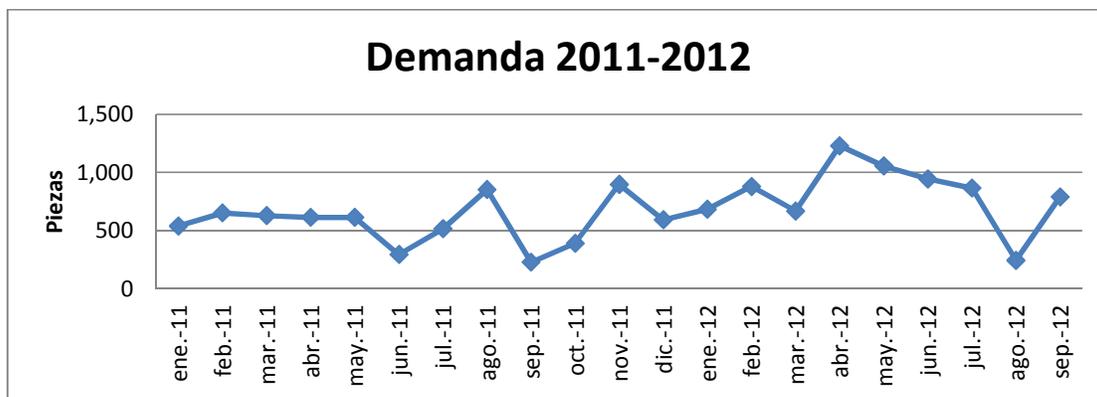
Se trata de puntas de desarmador utilizadas para diferentes tareas dentro de los talleres.

3.2.2.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Octubre 2012)

Tabla 3.2.9. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	1,072	1,230	992	1,388	803	990	396	686	837	507	463	520	9,884
CONSUMO 2009	212	891	757	1,114	63	313	132	225	440	420	502	214	5,283
CONSUMO 2010	456	227	719	340	486	515	395	302	420	410	300	792	5,362
CONSUMO 2011	540	652	628	613	613	295	516	854	228	391	897	592	6,819
CONSUMO 2012	684	879	668	1,228	1,055	944	865	244	789				7,356

Gráfico 3.2.6. Histórico de la demanda 2011-2012.



3.2.2.2 Aplicación de pronóstico

Con base a la información de los consumos históricos del material, se decidió por entregas de manera programada debido al monto de la compra y a que la liberación anterior también fue de forma programada. Con ello se pretendía mantener la rotación del material e incluso mejorarla.

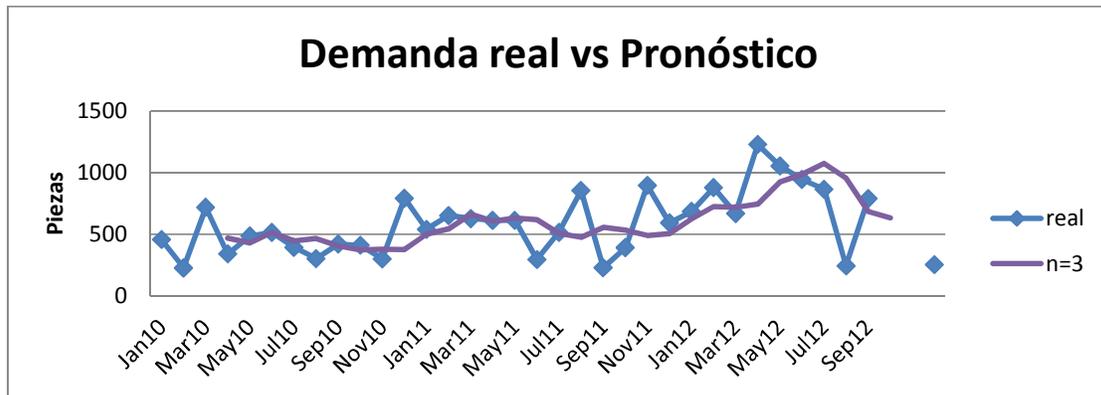
El primer paso como el ejemplo anterior fue determinar un Consumo promedio mensual para el cual se utilizó los métodos de pronósticos de promedio móvil, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble, tomando en cuenta los últimos 33 meses.

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=3$, ya que tiene la menor DAM, MAPE y ECM.

Tabla 3.2.10. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	517	633	711	779	854	828	834	817	795
DAM	192	159	167	177	185	194	197	209	219
MAPE	41%	35%	37%	38%	40%	41%	40%	42%	43%
ECM	69261	54485	61851	62085	64065	67911	68388	71991	74920

Gráfico 3.2.7. Comparación demanda real vs pronóstico elegido

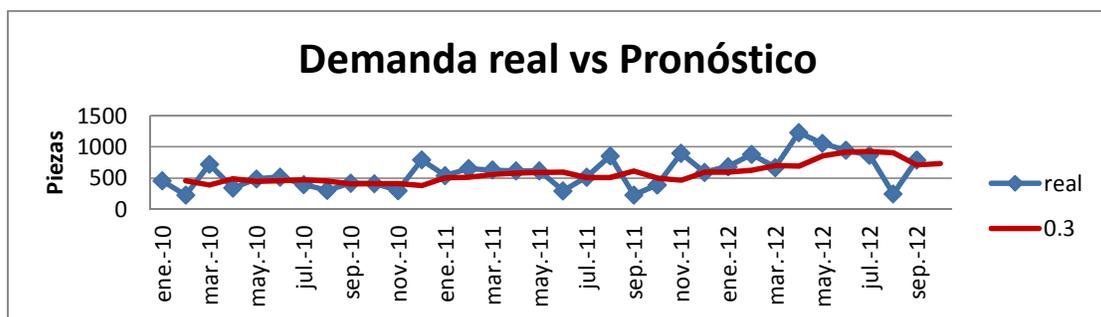


- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.-** En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.2, sin embargo se optó por un alfa de 0.3 para que se diera un poco más de peso a los consumos de los últimos meses.

Tabla 3.2.11. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	697	743	731	706	686	678	684	706	741
DAM	193	174	169	172	179	187	197	211	225
MAPE	38%	38%	38%	39%	40%	42%	44%	46%	49%
ECM	59413	56541	57507	59646	62674	66656	71673	77792	85081

Gráfico 3.2.8. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

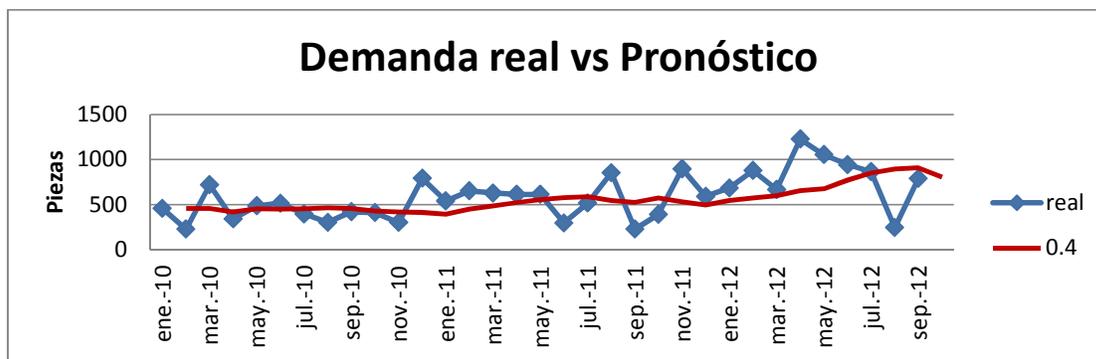


- ❖ Para **suavizamiento exponencial doble** en éste caso se optó por un alfa de 0.4 en base a la DAM y el ECM.

Tabla 3.2.12. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	593	731	799	804	760	683	587	479	365
DAM	219	202	195	191	187	183	182	191	209
MAPE	39%	39%	40%	40%	40%	40%	40%	41%	44%
ECM	72183	62984	60281	59901	60071	60600	62060	65526	72663

Gráfico 3.2.9. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



3.2.2.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de promedio móvil con un n=3 al tener el menor ECM.

Con ello se fijó el CPM en 633 pzas y le agregue un 10% ya que se ocuparía para la flota de Aeroméxico Connect.

Con éste aumento, la demanda quedó en **PCM= 700 Pzas.**

3.2.2.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

Dado que en éste caso se observaba un poco más dispersión en los datos, no se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto z=2.32.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

SS=(2.32)(254.3)(1.4142).

SS=834 pzas.

Era de esperarse un SS alto, dado el comportamiento de la demanda.

Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.13. Programa de entregas

mes	DEC12	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	Total
Qty	800	700	700	700	700	900	700	700					5900

Se aumentó la cantidad en el mes de mayo para evitar que algún sobreconsumo en los meses anteriores pudiera afectar el programa.

3.2.2.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.-Al día de hoy se ha tenido un nivel del servicio del **100%** comparado con el año anterior (2012) que fue de **99% y en el que se registró solo 1 agotados**. Dicho agotado se presentó en el mes de Septiembre/12.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio del inventario aumentó en 360 USD respecto a 2012, éste aumento va justificado por el aumento de la demanda y el alto SS dado por la variación de la demanda.

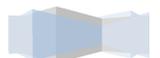
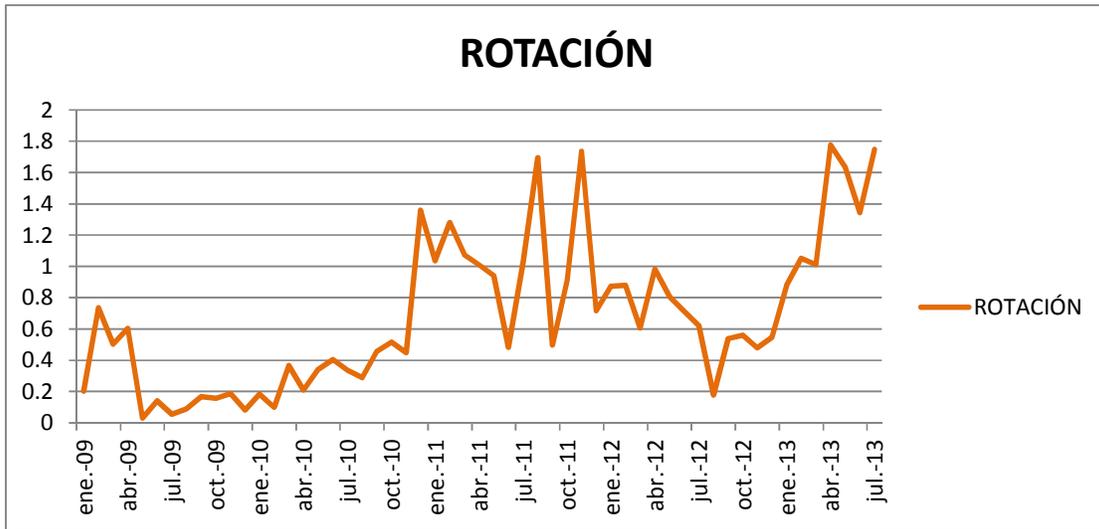
ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en lo que va del año 2013, respecto al mismo periodo de 2012.

Tabla 3.2.14. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	0.87	0.88	0%
Febrero	0.88	1.05	20%
Marzo	0.61	1.01	67%
Abril	0.98	1.78	81%
Mayo	0.81	1.63	103%
Junio	0.71	1.34	88%
Julio	0.62	1.75	181%
Agosto	0.18		
Septiembre	0.54		
Octubre	0.56		
Noviembre	0.48		
Diciembre	0.55		



Gráfico 3.2.10. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



3.2.3 Disc Roloc 2" (Marrón)

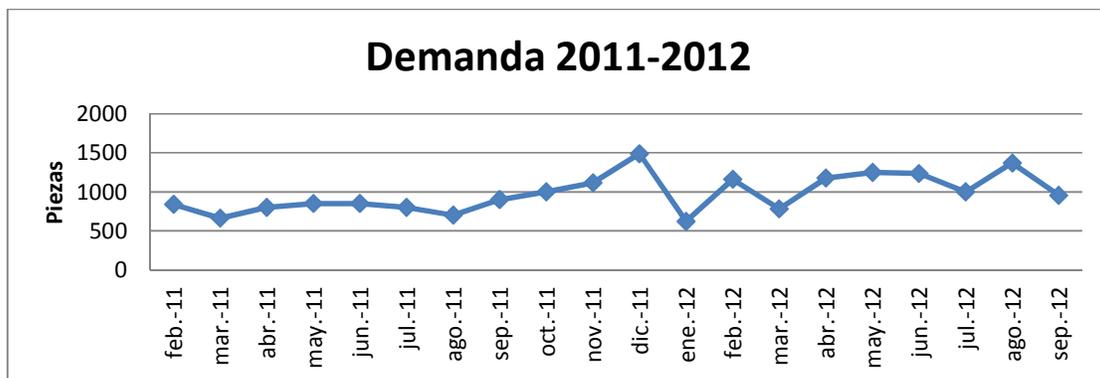
Se trata de un producto abrasivo, utilizado para acondicionamiento superficial y que es requerido por los diferentes talleres dentro del hangar para la realización de sus actividades. Tal vez el más importante es el taller de ruedas y frenos.

3.2.3.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Octubre 2012)

Tabla 3.2.15. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	500	714	662	761	598	1,183	251	206	363	796	960	470	7,464
CONSUMO 2009	591	872	131	791	521	566	820	642	626	715	627	300	7,202
CONSUMO 2010	435	1,124	1,065	890	869	609	610	400	630	729	980	700	9,041
CONSUMO 2011	838	662	800	850	850	800	700	900	1,000	1,115	1,489	623	10,627
CONSUMO 2012	1,160	781	1,176	1,248	1,235	1,000	1,370	955	920				9,845

Gráfico 3.2.11. Histórico de la demanda 2011-2012.



3.2.3.2 Aplicación de pronóstico

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=8$, ya que tiene la menor DAM, MAPE y ECM.

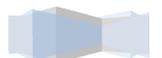
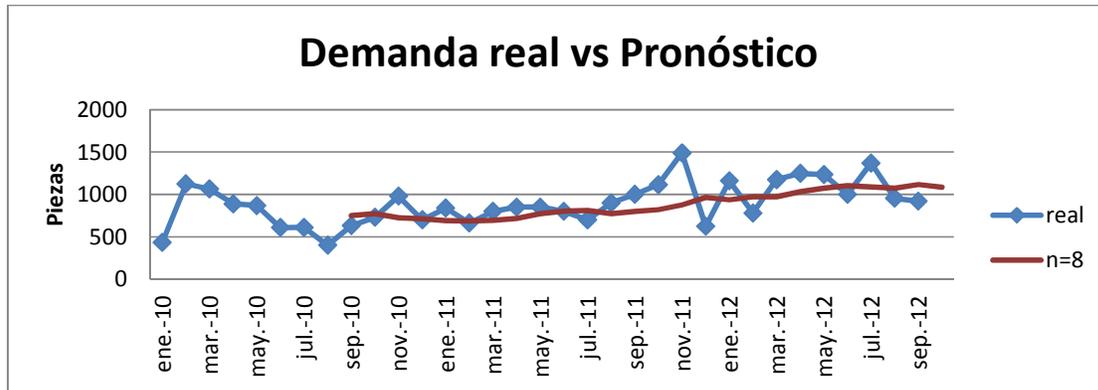


Tabla 3.2.16. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	938	1082	1061	1096	1121	1129	1086	1094	1047
DAM	187	197	191	197	183	182	172	177	191
MAPE	22%	24%	23%	24%	22%	21%	18%	18%	19%
ECM	51626	55905	57483	57648	52330	51234	45149	47490	51687

Gráfico 3.2.12. Comparación demanda real vs pronóstico elegido



- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.-** En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.3.

Tabla 3.2.17. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	994	1056	1052	1032	1007	982	960	941	927
DAM	222	205	202	201	205	208	210	212	213
MAPE	23%	22%	23%	23%	24%	24%	25%	25%	25%
ECM	82247	66722	64358	64517	65663	67607	70501	74624	80346

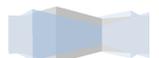
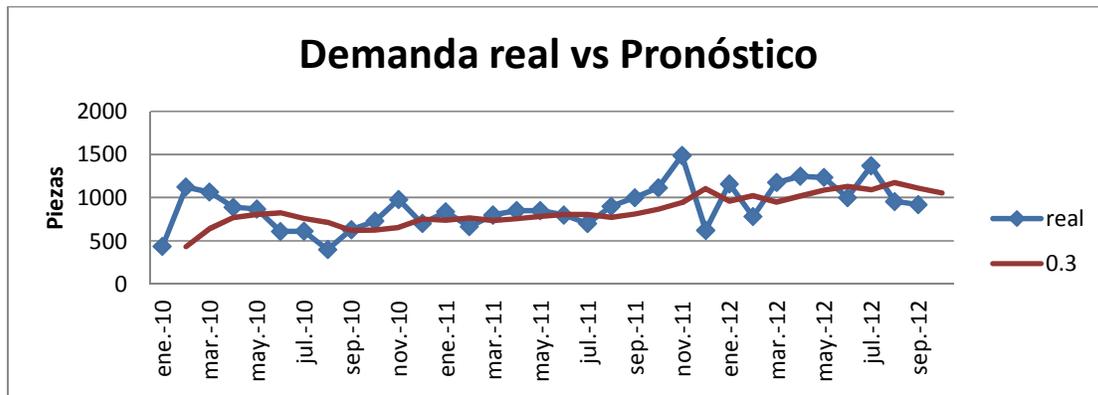


Gráfico 3.2.13. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

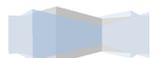
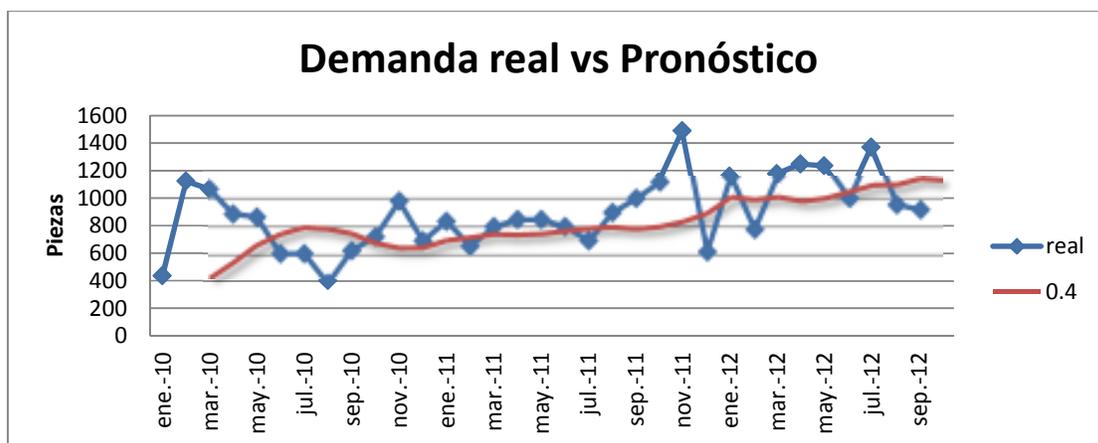


❖ Para suavizamiento exponencial doble en éste caso se optó por un alfa de 0.4 en base a la DAM y el ECM.

Tabla 3.2.18. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	845	1028	1099	1127	1134	1126	1105	1072	1024
DAM	300	213	200	202	203	201	203	203	206
MAPE	31%	22%	22%	23%	24%	24%	24%	24%	24%
ECM	126406	76746	65387	63297	63796	64641	65182	65741	67540

Gráfico 3.2.14. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



3.2.3.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de suavizamiento exponencial doble con un alfa= 0.4 al contar con un menor valor de ECM. Con ello se fijó el CPM en 1,127 pzas y se agregó un 15% ya que se ocuparía para la flota de Aeroméxico Connect.

Con éste aumento, la demanda quedó en **PCM= 1,300 Pzas.**

3.2.3.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

No se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto z=2.32.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

$$SS=(2.32)(255.7)(1.4142).$$

$$SS=839 \text{ pzas.}$$

Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.19. Programa de entregas

mes	DEC12	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	Total
Qty	800	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300					9,900

3.2.3.5 Seguimiento de indicadores

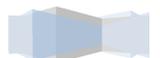
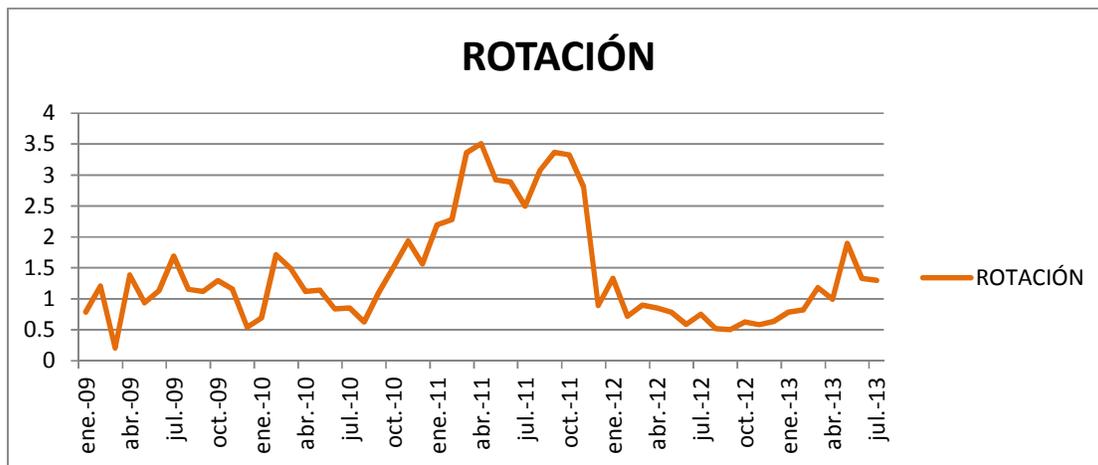
NIVEL DE SERVICIO.-Al día de hoy se ha tenido un nivel del servicio del 100%, manteniendo lo hecho en 2012 en el cuál tampoco registró agotado el material.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio del inventario aumentó en 150 USD respecto al 2012.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en lo que va del año 2013, respecto al mismo periodo de 2012, excepto en el mes de Enero.

Tabla 3.2.20. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	1.33	0.79	-41%
Febrero	0.72	0.82	14%
Marzo	0.90	1.18	32%
Abril	0.86	0.99	16%
Mayo	0.78	1.89	142%
Junio	0.59	1.33	127%
Julio	0.75	1.30	72%
Agosto	0.52		
Septiembre	0.50		
Octubre	0.63		
Noviembre	0.58		
Diciembre	0.63		

Gráfico 3.2.15. Histórico de rotación del inventario 2009-2013

3.2.4 Disc Roloc 2" (Canela)

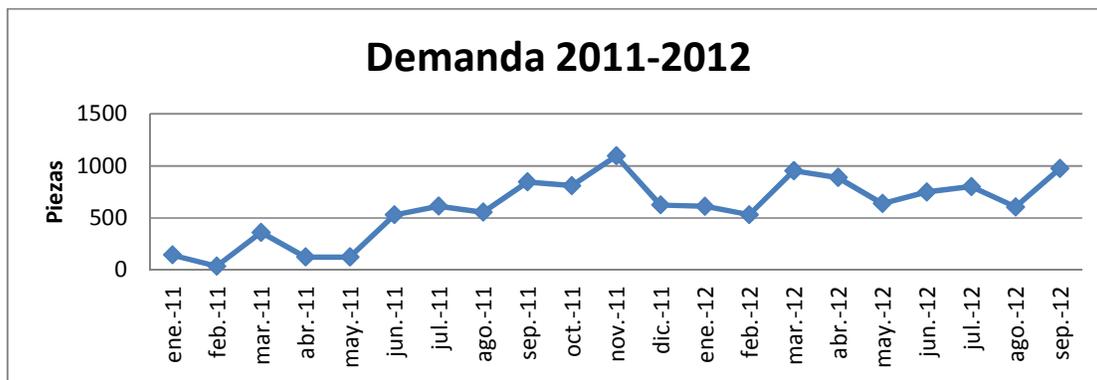
Se trata de un producto abrasivo, utilizado para acondicionamiento superficial y que es requerido por los diferentes talleres dentro del hangar para la realización de sus actividades. Tal vez el más importante es el taller de ruedas y frenos.

3.2.4.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Octubre 2012)

Tabla 3.2.21. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	284	244	449	384	520	428	396	285	337	507	407	226	4,467
CONSUMO 2009	387	74	200	597	278	137	10	35	1,009	266	347	47	3,387
CONSUMO 2010	137	148	453	193	356	339	440	360	64	710	90	600	3,890
CONSUMO 2011	143	36	361	123	123	529	612	554	844	809	1,095	623	5,852
CONSUMO 2012	610	530	952	888	638	748	800	605	975				6,746

Gráfico 3.2.16. Histórico de la demanda 2011-2012.



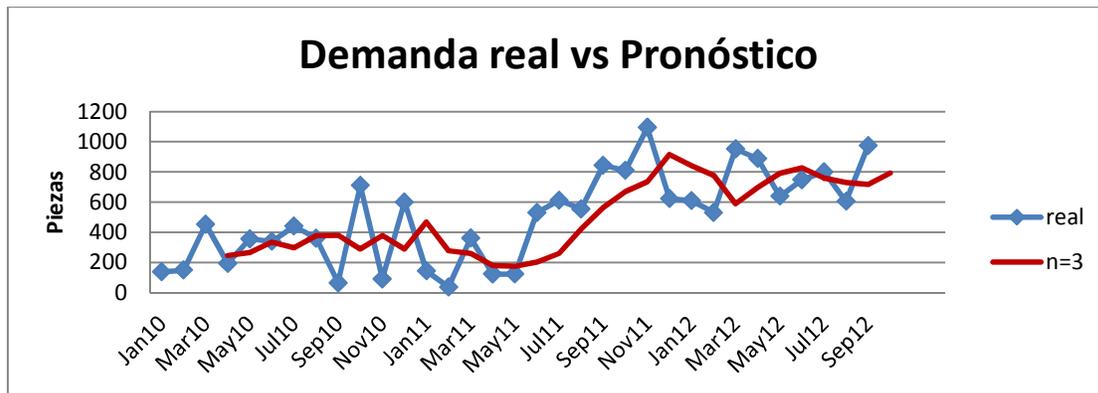
3.2.4.2 Aplicación de pronóstico

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=3$, ya que tiene la menor DAM, MAPE y ECM.

Tabla 3.2.22. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	790	793	782	753	776	801	767	750	737
DAM	205	200	210	211	225	226	230	230	223
MAPE	94%	84%	98%	93%	100%	101%	102%	90%	90%
ECM	57974	54235	58207	59555	66021	70032	74725	77392	75007

Gráfico 3.2.17. Comparación demanda real vs pronóstico elegido

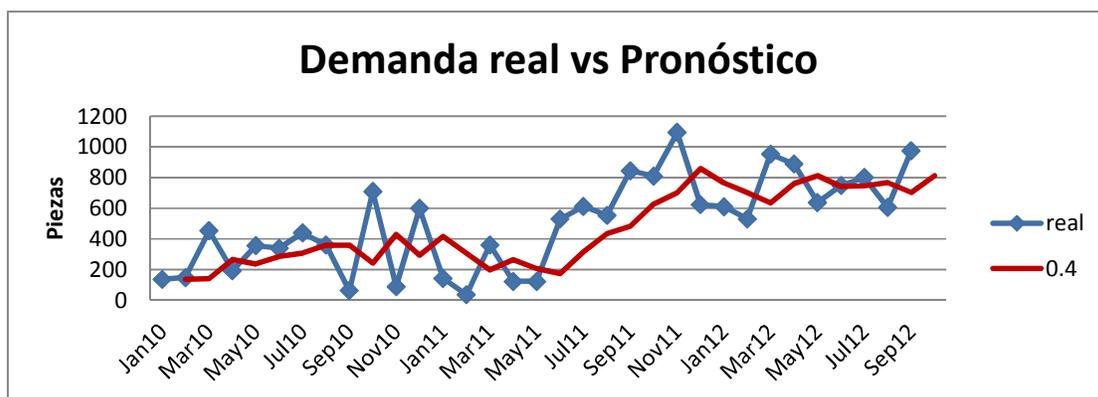


- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.**- En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.4 al contar con la menor DAM y ECM.

Tabla 3.2.23. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	662	761	791	811	832	854	880	908	940
DAM	229	202	201	201	202	204	207	212	219
MAPE	76%	82%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	92%
ECM	77272	59306	55373	55111	56725	59741	64035	69652	76767

Gráfico 3.2.18. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

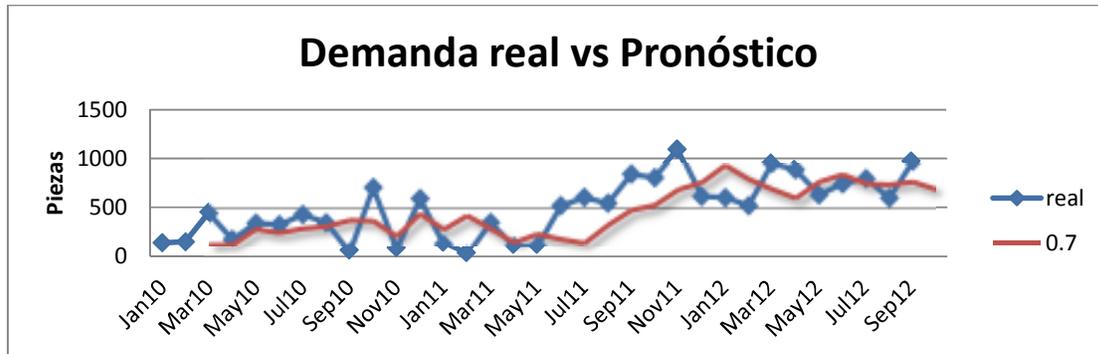


- ❖ Para **suavizamiento exponencial doble** en éste caso se optó por un alfa de 0.7 en base a la DAM y el ECM.



Tabla 3.2.24. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	471	667	727	734	724	709	691	668	640
DAM	314	251	225	215	210	207	204	201	204
MAPE	75%	80%	86%	89%	90%	90%	90%	91%	96%
ECM	135452	89474	73817	66235	61376	58148	56521	56949	60517

Gráfico 3.2.19. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

3.2.4.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de promedio móvil con $n=3$ al contar con un menor valor de ECM, DAM y MAPE. Con ello se fijó el CPM en 793 pzas y al no requerirse por Aeroméxico Connect, solo se fijó la cantidad a los múltiplos del fabricante, en este caso en múltiplos de 200 pzas.

La demanda quedó en **PCM= 800 Pzas.**

3.2.4.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

No se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

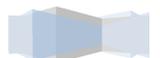
z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

$$SS=(2.32)(298.7)(1.4142).$$

$$SS=980 \text{ pzas.}$$



Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.25. Programa de entregas

mes	DEC12	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	Total
Qty	400	800	800	800	800	1000	800	800	800	800	800	400	9,000

Se aumentó la cantidad en el mes de Mayo para evitar que el programa se quedara bajo al tener la posibilidad de una sobredemanda.

3.2.4.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.- Al día de hoy (Ago/13) se había tenido un nivel del servicio del **100%** comparado con el año anterior (2012) que fue de **99%** y en el que se registró **1 agotado**. Dicho agotado se presentó en el mes de Septiembre/12.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio del inventario aumentó en 256 USD respecto al 2012.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en 4 de los 7 meses que va del año 2013, aunque el promedio de rotación de Enero a Julio se mantuvo en ambos años con un valor de 1.05.

Tabla 3.2.26. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	0.80	1.21	51%
Febrero	0.63	0.75	19%
Marzo	1.25	1.35	8%
Abril	1.28	0.63	-50%
Mayo	0.99	1.60	61%
Junio	1.18	1.15	-3%
Julio	1.24	0.70	-44%
Agosto	1.08		
Septiembre	1.66		
Octubre	1.51		
Noviembre	1.10		
Diciembre	0.74		

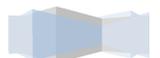
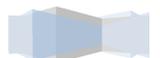
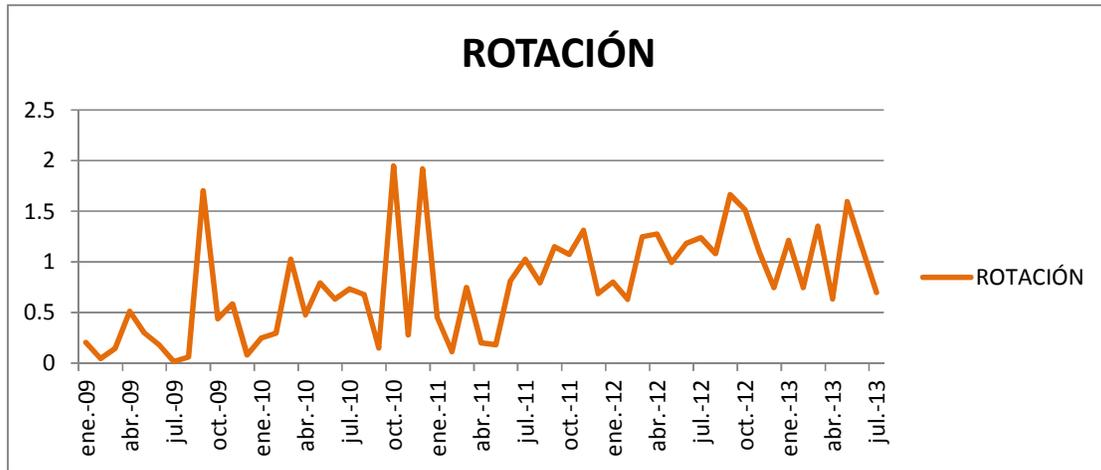


Gráfico 3.2.20. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



3.2.5 Disc Roloc 2" (Azul)

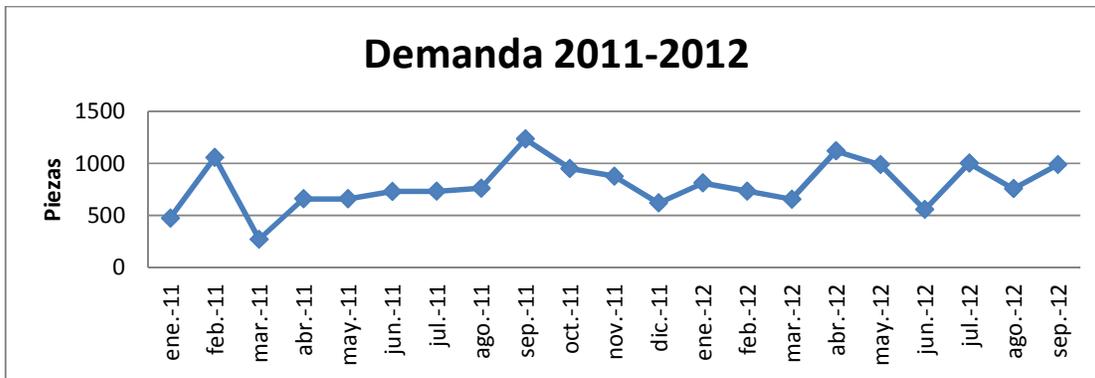
Se trata de un producto abrasivo, utilizado para acondicionamiento superficial y que es requerido por los diferentes talleres dentro del hangar para la realización de sus actividades.

3.2.5.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Noviembre 2012)

Tabla 3.2.27. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	498	590	750	697	824	1,058	346	337	344	381	1,041	681	7,547
CONSUMO 2009	61	666	617	891	377	443	910	485	132	215	420	410	5,627
CONSUMO 2010	318	1,083	714	632	659	402	400	400	505	321	746	425	6,605
CONSUMO 2011	473	1,056	268	658	658	728	730	760	1,233	949	875	617	9,005
CONSUMO 2012	810	731	654	1,118	985	555	1,000	755	987	998			8,593

Gráfico 3.2.21. Histórico de la demanda 2011-2012.



3.2.5.2 Aplicación de pronóstico

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=3$, ya que tiene el menor ECM ponderando también el MAPE.

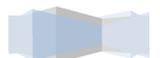
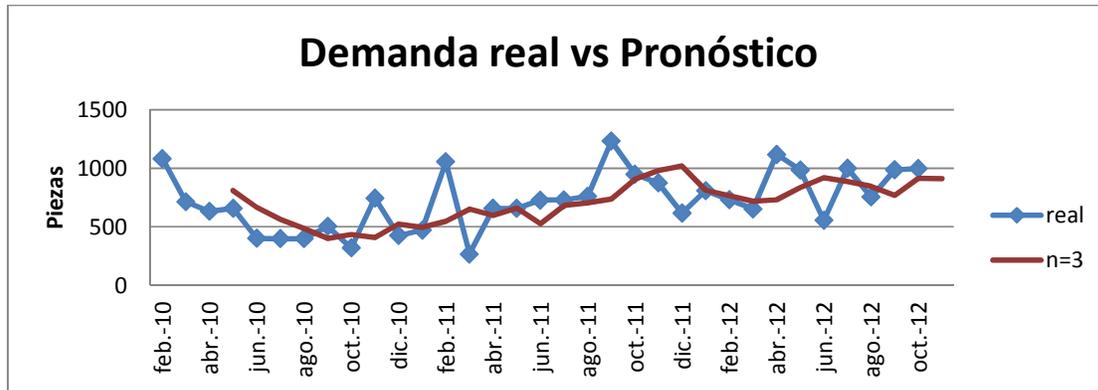


Tabla 3.2.28. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	993	913	935	859	880	914	882	865	859
DAM	182	172	190	183	183	186	190	187	199
MAPE	30%	28%	30%	28%	27%	27%	28%	25%	27%
ECM	60721	51130	57967	54359	55097	52304	55508	54793	57406

Gráfico 3.2.22. Comparación demanda real vs pronóstico elegido



- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.-** En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.4 al contar con el menor ECM y MAPE.

Tabla 3.2.29. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	836	883	911	932	950	965	978	988	995
DAM	241	222	203	195	193	194	197	203	212
MAPE	44%	38%	34%	32%	32%	32%	32%	33%	35%
ECM	87213	69271	62360	60303	60924	63364	67301	72656	79492

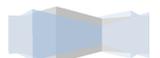
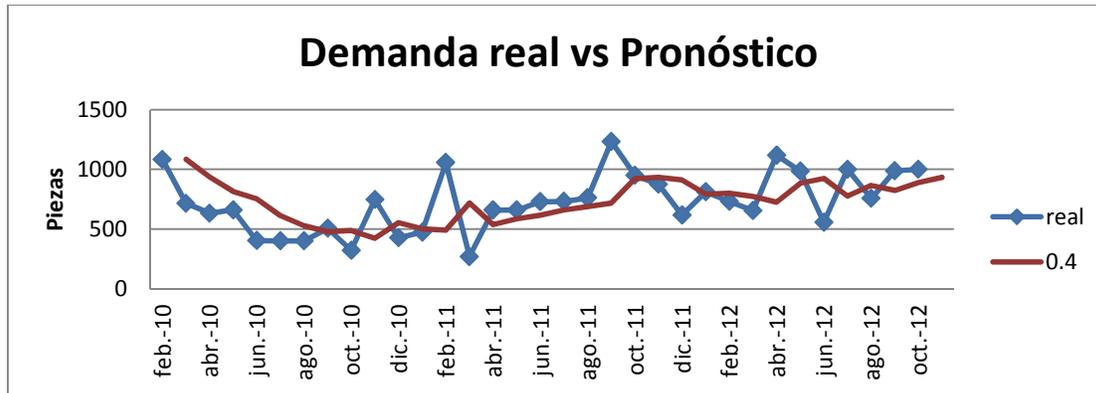


Gráfico 3.2.23. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

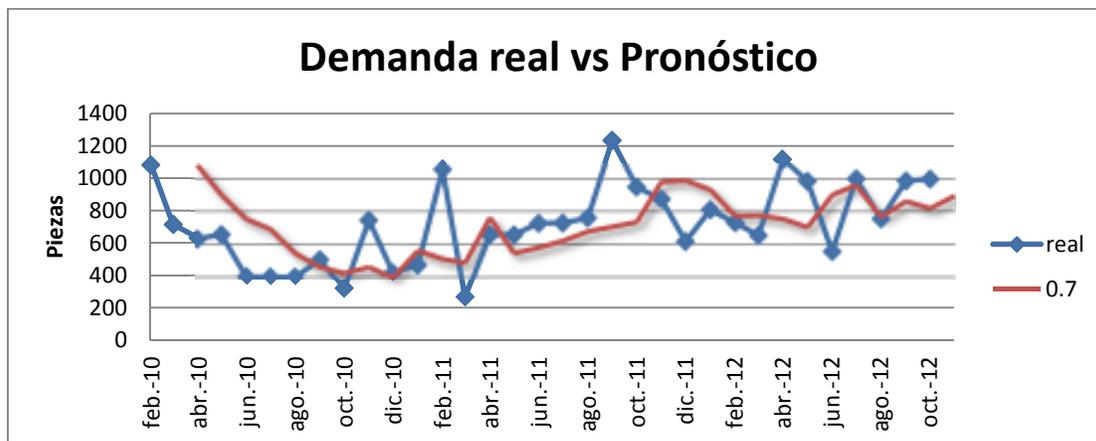


- ❖ Para suavizamiento exponencial doble en éste caso se optó por un alfa de 0.7 en base a la DAM, el ECM y MAPE.

Tabla 3.2.30. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	786	813	842	855	867	880	897	920	948
DAM	298	265	247	230	213	202	200	203	213
MAPE	59%	49%	43%	38%	34%	32%	31%	31%	32%
ECM	133256	106744	88250	75993	68051	63158	60944	61907	67493

Gráfico 3.2.24. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



3.2.5.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de promedio móvil con $n=3$ al contar con un menor valor de ECM, DAM y MAPE. Con ello se fijó el CPM en 913 pzas y al no requerirse por Aeroméxico Connect, solo se fijó la cantidad a los múltiplos del fabricante, en este caso en múltiplos de 200 pzas.

La demanda quedó en **PCM= 900 Pzas** y se fue intercalando las cantidades para tener múltiplos de 200.

3.2.5.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

No se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

$$SS=(2.32)(248.5)(1.4142).$$

$$SS=815 \text{ pzas.}$$

Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.31. Programa de entregas

mes	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
Qty	1200	1000	800	800	800	800	1000	800	800	800	1000	1000	10,800

Se aumentó la cantidad en el mes de Enero y febrero para recuperar el stock de seguridad y para coincidir con los múltiplos de entrega del proveedor, así como en el mes de Julio para evitar que el programa se quedara bajo al tener la posibilidad de una sobredemanda y en los meses de Noviembre y Diciembre solo para completar la orden de compra.

3.2.5.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.- Al día de hoy (Ago/13) se había tenido un nivel del servicio del **100%**, logrando mantener cero agotados al igual que en el año 2012.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio mensual del inventario disminuyó en 1027 USD respecto al 2012, lo cual es rescatable ya que se ha mantenido el mismo nivel de servicio con una cantidad menor de material en almacén.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en 6 de los 7 meses que va del año 2013, respecto al mismo periodo de 2012, excepto el mes de Abril.

Tabla 3.2.32. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	0.40	0.45	13%
Febrero	0.32	0.34	4%
Marzo	0.28	0.51	81%
Abril	0.49	0.32	-34%
Mayo	0.41	0.77	85%
Junio	0.22	0.54	142%
Julio	0.38	0.46	24%
Agosto	0.27		
Septiembre	0.34		
Octubre	0.35		
Noviembre	0.27		
Diciembre	0.17		

Gráfico 3.2.25. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



3.2.6 Pincel 1”

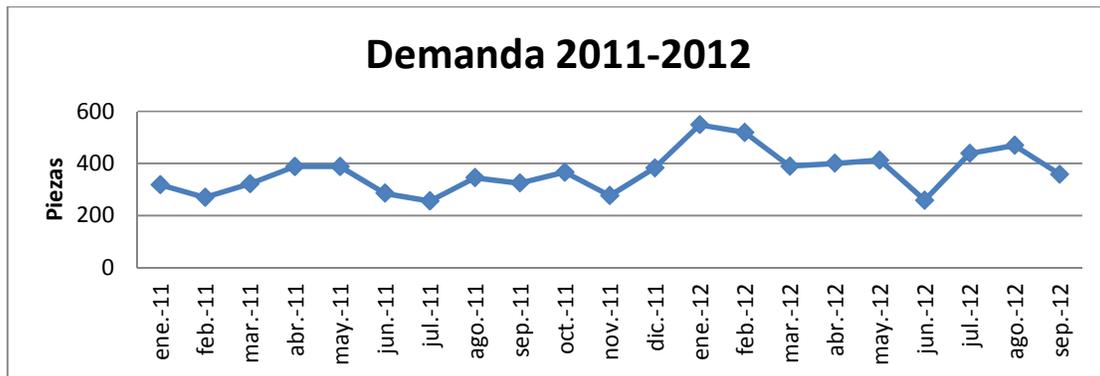
Se trata de un material utilizado para la aplicación de primer, pintura, anticorrosivo, etc. en áreas pequeñas.

3.2.6.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Noviembre 2012)

Tabla 3.2.33. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	218	133	141	208	356	291	192	29	141	308	369	258	2,644
CONSUMO 2009	198	201	206	245	170	291	427	383	29	424	251	220	3,045
CONSUMO 2010	436	291	187	365	330	217	296	339	219	285	51	152	3,168
CONSUMO 2011	318	269	321	388	388	285	255	345	324	366	276	382	3,917
CONSUMO 2012	548	519	389	400	412	258	438	469	358				3,791

Gráfico 3.2.26. Histórico de la demanda 2011-2012.



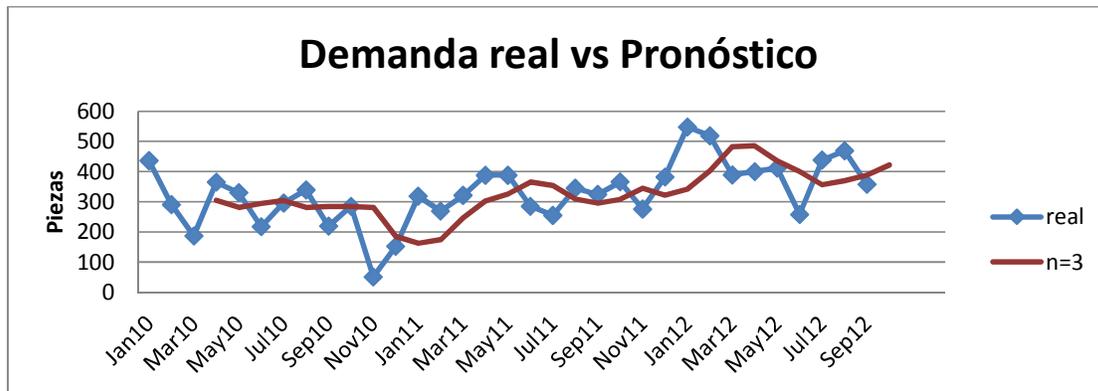
3.2.6.2 Aplicación de pronóstico

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=3$, ya que tiene el menor ECM ponderando también el MAPE.

Tabla 3.2.34. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	414	422	381	387	389	389	405	421	417
DAM	88	79	78	80	74	73	75	76	81
MAPE	39%	36%	37%	38%	36%	37%	38%	38%	41%
ECM	11207	8814	9194	9857	9634	9860	9934	9640	10442

Gráfico 3.2.27. Comparación demanda real vs pronóstico elegido

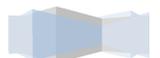
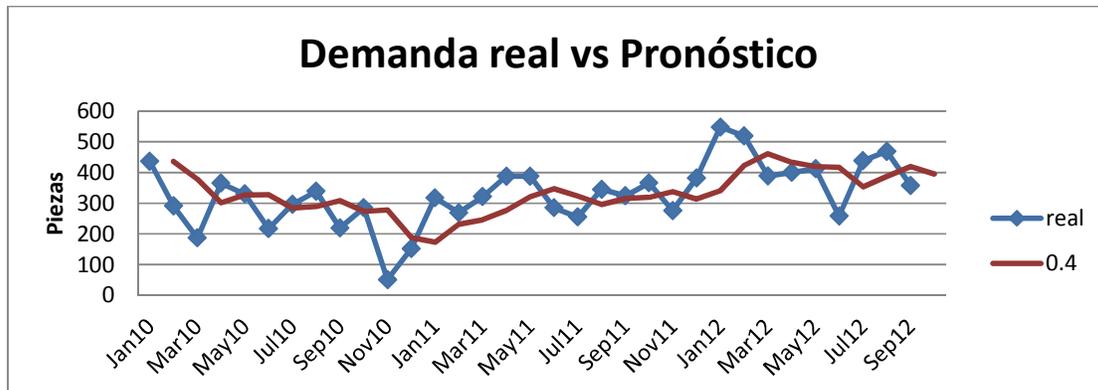


- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.**- En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.4 al contar con el menor ECM.

Tabla 3.2.35. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	376	393	396	395	393	390	385	378	369
DAM	87	78	78	80	81	81	82	84	86
MAPE	45%	39%	38%	38%	37%	38%	38%	39%	40%
ECM	12484	10439	9730	9554	9609	9793	10070	10425	10848

Gráfico 3.2.28. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

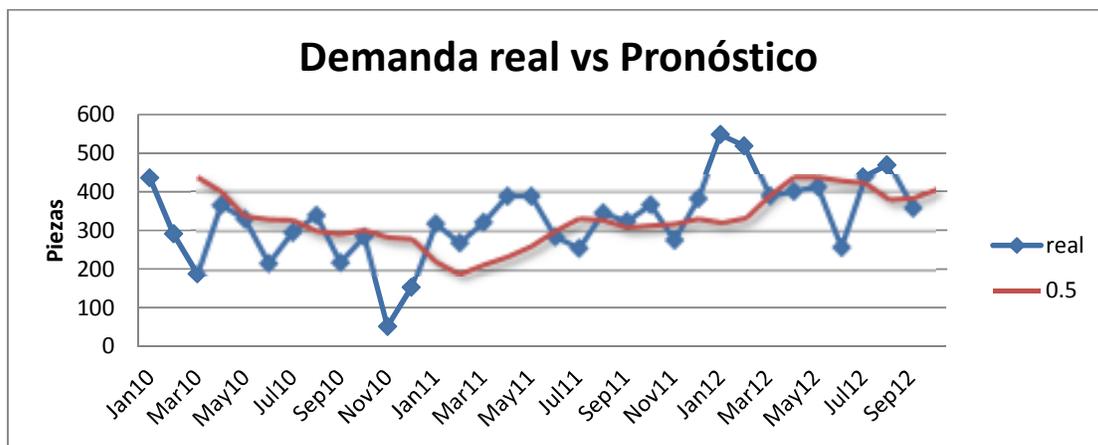


- ❖ Para **suavizamiento exponencial doble** en éste caso se optó por un alfa de 0.5 en base a la DAM, el ECM y MAPE.

Tabla 3.2.36. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	350	378	397	402	406	414	427	443	459
DAM	105	95	87	82	82	86	90	96	102
MAPE	56%	48%	43%	41%	40%	41%	42%	43%	44%
ECM	17634	14787	12731	11839	11656	11878	12421	13351	14817

Gráfico 3.2.29. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



3.2.6.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de promedio móvil con $n=3$ al contar con un menor valor de ECM, DAM y MAPE. Con ello se fijó el CPM en 422 pzas y al no requerirse por Aeroméxico Connect, solo se fijó la cantidad a los múltiplos del fabricante, en este caso en múltiplos de 50 pzas.

La demanda quedó en **PCM= 450 Pzas.**

3.2.6.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

No se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

SS=(2.32)(102)(1.4142).

SS=335 pzas.

Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.37. Programa de entregas

mes	DEC 13	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
Qty	550	450	450	450	450	450	450	450	450	450	400			5,000

3.2.6.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.- Al día de hoy (Ago/13) se había tenido un nivel del servicio del **100%**, logrando mantener cero agotados al igual que en el año 2012.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio mensual del inventario en éste caso aumento en 1297 USD respecto al 2012, sin embargo la rotación del inventario nos dará una mejor visión sobre si la toma de decisión en cuanto a las cantidades abastecidas fueron correctas.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en los 7 meses que va del año 2013, respecto al mismo periodo de 2012, con lo que podemos justificar el aumento del valor del inventario a causa del aumento en la demanda.

Tabla 3.2.38. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	0.25	0.88	253%
Febrero	0.27	0.71	161%
Marzo	0.24	0.92	278%
Abril	0.30	1.04	248%
Mayo	0.37	0.50	37%
Junio	0.27	0.68	147%
Julio	0.53	0.59	10%
Agosto	0.66		
Septiembre	0.57		
Octubre	0.58		
Noviembre	0.58		
Diciembre	0.71		

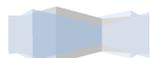
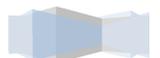
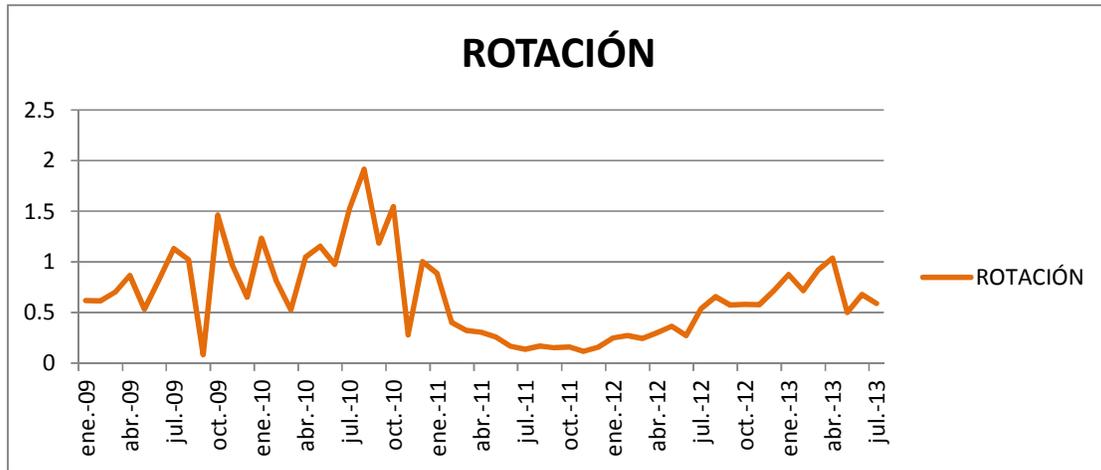


Gráfico 3.2.30. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



3.2.7 Bit 5/16”

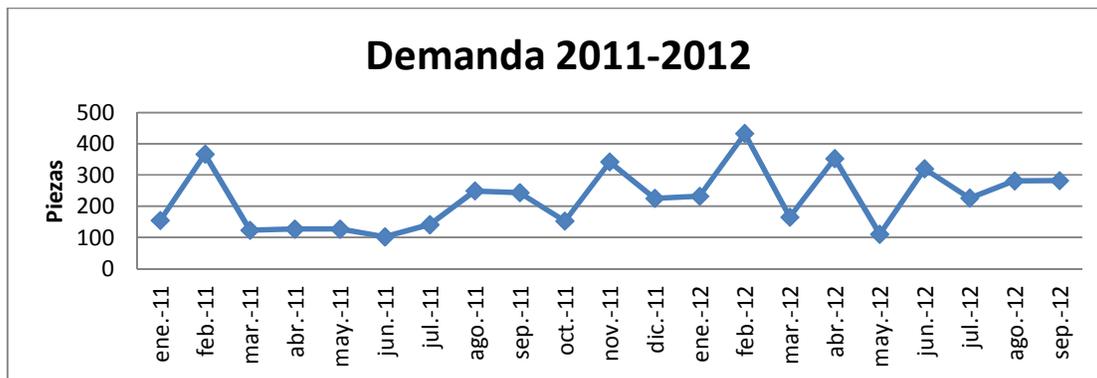
Se trata de puntas de desarmador utilizadas para diferentes tareas dentro de los talleres.

3.2.7.1 Histórico de la demanda al momento del análisis (Octubre 2012)

Tabla 3.2.39. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	211	149	199	740	280	188	290	113	383	109	169	169	3,000
CONSUMO 2009	258	260	109	323	48	47	129	55	133	158	224	144	1,888
CONSUMO 2010	111	198	173	90	110	204	133	125	195	56	164	116	1,675
CONSUMO 2011	154	367	123	127	127	102	141	249	243	152	342	225	2,352
CONSUMO 2012	232	433	165	353	110	320	226	281	282				2,402

Gráfico 3.2.31. Histórico de la demanda 2011-2012.



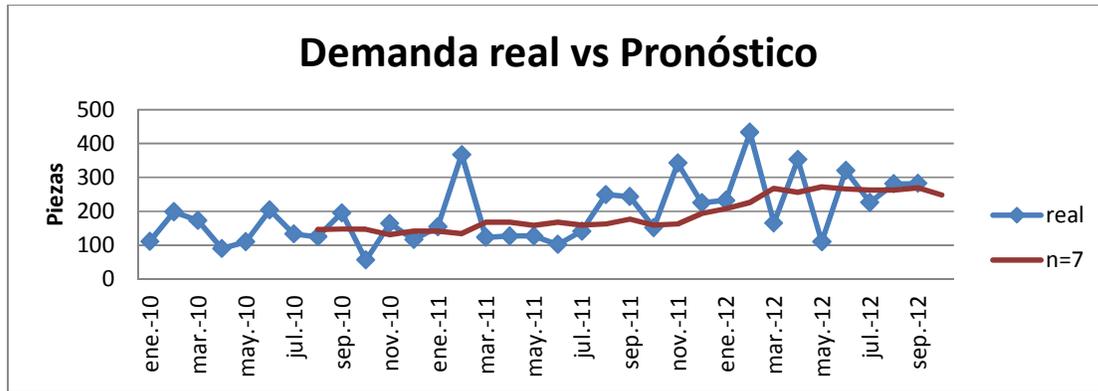
3.2.7.2 Aplicación de pronóstico

Promedio móvil. En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con n=7, ya que tiene el menor ECM, MAPE y DAM.

Tabla 3.2.40. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	282	263	277	244	262	248	271	267	263
DAM	73	73	72	70	69	67	72	71	70
MAPE	44%	44%	42%	40%	38%	37%	39%	38%	32%
ECM	9139	8468	8848	8362	8324	8284	8843	8978	9232

Gráfico 3.2.32. Comparación demanda real vs pronóstico elegido

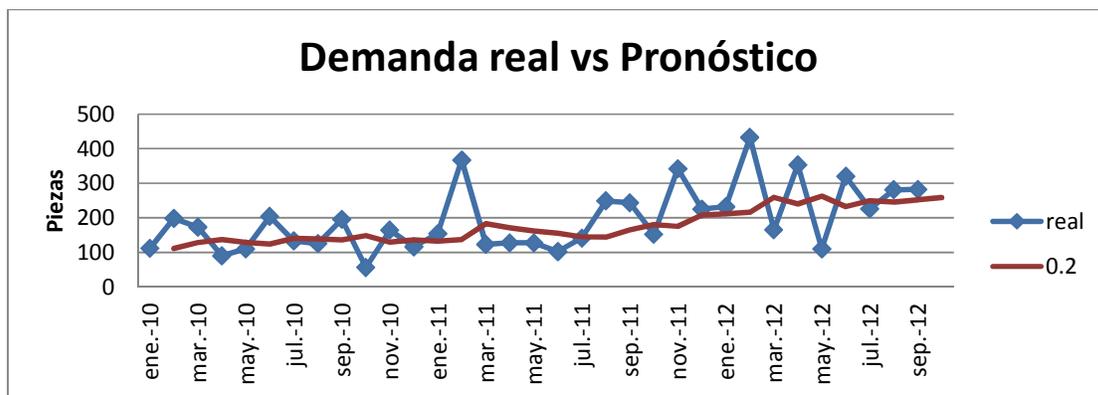


- ❖ **Suavizamiento exponencial Simple.**- En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.2 al contar con el menor ECM y DAM.

Tabla 3.2.41. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	234	258	265	269	272	275	278	280	281
DAM	66	66	68	72	76	79	82	86	91
MAPE	33%	36%	39%	42%	44%	47%	49%	51%	54%
ECM	8166	7643	7947	8498	9205	10068	11115	12390	13956

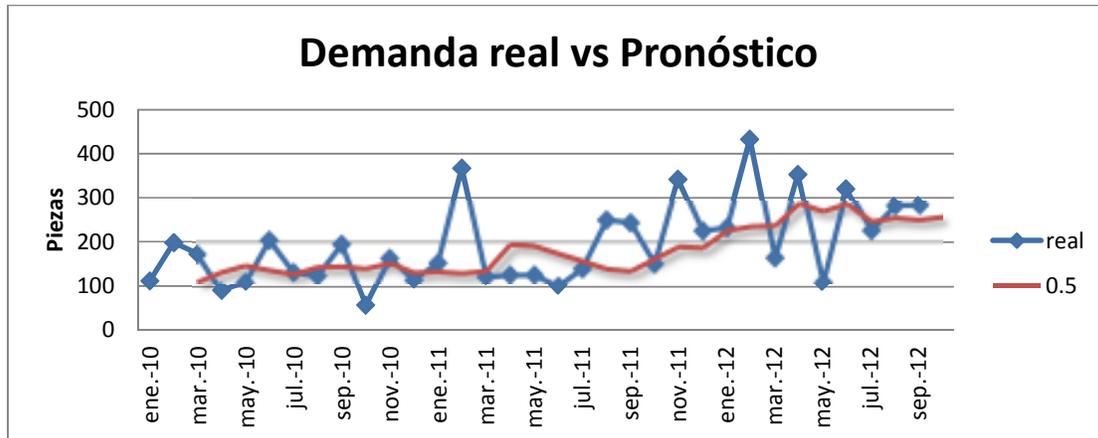
Gráfico 3.2.33. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



- ❖ Para **suavizamiento exponencial doble** en éste caso se optó por un alfa de 0.5 en base al ECM y DAM.

Tabla 3.2.42. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial Doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	188	235	252	255	256	258	262	267	273
DAM	73	64	62	62	62	62	63	66	72
MAPE	32%	31%	33%	34%	35%	36%	37%	40%	42%
ECM	10766	8222	7398	7119	7032	7036	7149	7494	8362

Gráfico 3.2.34. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

3.2.7.3 Evaluación del error de pronóstico

Al realizar la comparación de resultados obtenidos, se eligió el método de suavizamiento exponencial doble con $\alpha=0.5$ al contar con un menor valor de ECM, DAM y MAPE. Con ello se fijó el CPM en 256 pzas al no requerirse por Aeroméxico Connect.

La demanda quedó en **PCM= 260 Pzas.**

3.2.7.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

No se realizó ajuste por índice de estacionalidad, pero si se definió un stock de seguridad

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora (2 meses).

$$SS=(2.32)(91.9)(1.4142).$$

$$SS=300 \text{ pzas.}$$



Tomando en cuenta las unidades que tenía en ese momento en almacén, PCM y SS, el programa de entregas bimestrales quedó de la siguiente manera.

Tabla 3.2.43. Programa de entregas

mes	DEC 13	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
Qty	300	450		450		450		500		450				2,550

Tomando Posterior a la generación del programa, se tuvo un sobreconsumo en el mes de Enero/13 por 713 pzas, lo cual provoco que el nivel de inventario llegara al mínimo y con el fin de nivelar el inventario nuevamente y con la incertidumbre de los consumos futuros, se decidió liberar un nuevo requerimiento para el mes de Marzo por un total de 1400 pzas mientras se monitoreaba la demanda de los próximos meses.

3.2.7.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.- Al día de hoy (Ago/13) se había tenido un nivel del servicio del **99%**, con 1 agotado registrado en el mes de Febrero/13 derivado de un sobreconsumo en el mes de Enero/13. Sin embargo en el año 2012 se registraron 2 agotados, uno en el mes de mayo y uno más en el mes de Julio.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio mensual del inventario en éste caso aumentó en 2700 USD respecto al 2012, derivado del aumento en la demanda en 2013 en un 48% respecto a la demanda presentada en 2012.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que aumentó en los 7 meses que va del año 2013, respecto al mismo periodo de 2012, con lo que podemos justificar el aumento del valor del inventario a causa del aumento en la demanda.

Tabla 3.2.44. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación	
	2012	2013
Enero	0.26	3.38
Febrero	0.50	1.46
Marzo	0.20	2.50
Abril	0.47	1.08
Mayo	0.16	0.34
Junio	0.54	0.56
Julio	0.40	0.71
Agosto	0.64	
Septiembre	0.82	
Octubre	0.99	
Noviembre	1.03	
Diciembre	0.44	

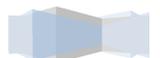
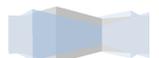
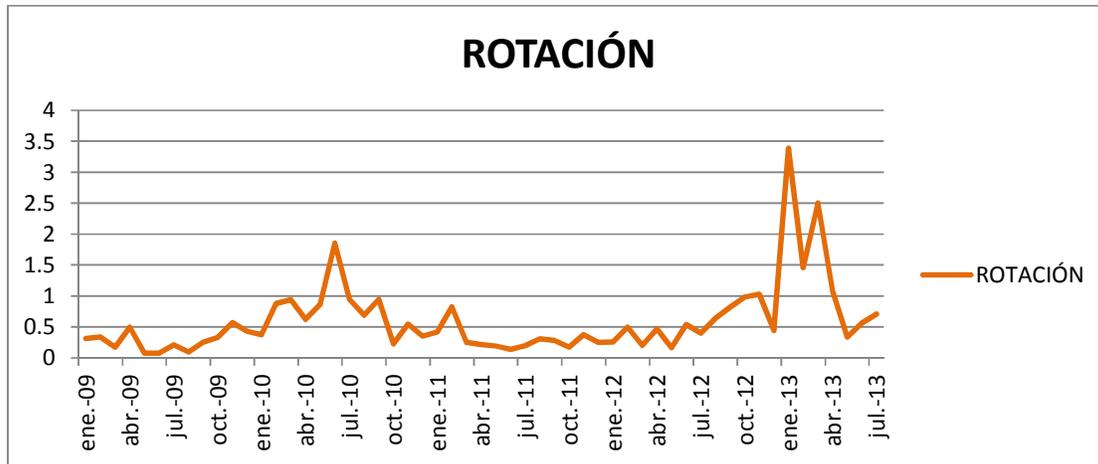


Gráfico 3.2.35. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



3.2.7.6 Alcohol

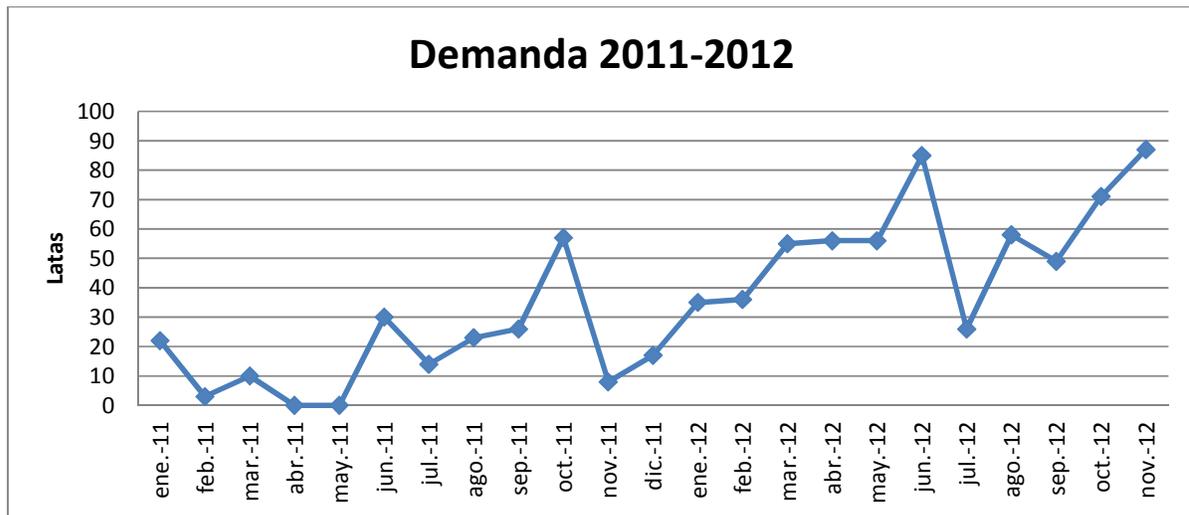
Se trata de alcohol isopropílico y es un solvente requerido por todos los talleres para limpieza de componentes. Éste material es algo crítico para la operación ya que lo ocupa el taller de ruedas y de motores, entre otros. Aunque pertenece a la clasificación B dentro del análisis ABC.

3.2.7.7 Histórico de la demanda al momento del análisis (Diciembre 2012)

Tabla 3.2.45. Histórico de la demanda 2008-2012

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
CONSUMO 2008	7	3	0	2	2	3	4	4	1	5	5	0	36
CONSUMO 2009	0	6	4	0	6	0	14	8	1	1	3	4	47
CONSUMO 2010	6	1	1	0	2	2	3	13	8	6	14	1	57
CONSUMO 2011	22	3	10	0	0	30	14	23	26	57	8	17	210
CONSUMO 2012	35	36	55	56	56	85	26	58	49	71	87		614

Gráfico 3.2.36. Histórico de la demanda 2011-2012



3.2.3.2 Aplicación de pronóstico

Con base a la información de los consumos históricos del material, se decidió realizar pedidos puntuales porque se observa una tendencia ascendente y en caso de que siguiera esa tendencia, el programa se iba a quedar corto y las entregas puntuales permitirían ir sobrellevando el incremento de la demanda y revisarla cada vez que se tuviera que abastecer nuevamente y reevaluar el PCM.

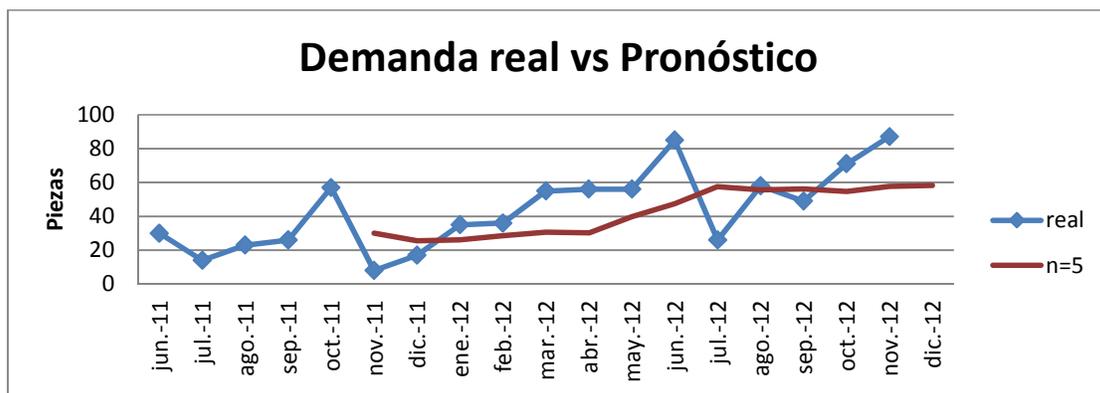
En éste caso se utilizó los mismos métodos que los ejemplos anteriores, tomando en cuenta los últimos 18 meses, debido a que es donde se observa que la demanda comienza a incrementarse considerablemente y es donde se presenta una demanda más constante.

- ❖ **Promedio móvil.** En el caso de promedio móvil, se eligió un pronóstico con $n=5$, ya que tiene la menor DAM y ECM.

Tabla 3.2.46. Resultados de pronósticos por promedio móvil

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
CPM	79	69	66	58	63	62	61	60	58
DAM	18	19	20	18	19	20	21	23	24
MAPE	64%	62%	59%	56%	39%	36%	36%	40%	40%
ECM	468	495	537	445	468	519	556	683	727

Gráfico 3.2.37. Comparación demanda real vs pronóstico elegido



- ❖ **Suavizamiento exponencial simple.-** En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.4 al contar con el menor ECM y DAM.

Tabla 3.2.47. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial simple

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	49	60	66	70	74	77	80	83	85
DAM	20	18	18	17	17	17	17	18	18
MAPE	57%	56%	58%	60%	63%	65%	68%	70%	75%
ECM	548	461	433	432	444	464	490	525	569

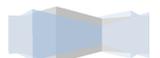
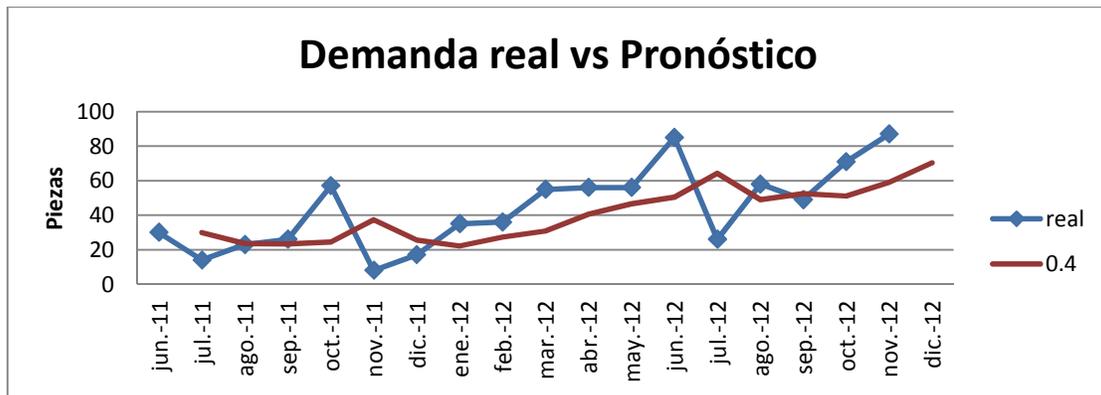


Gráfico 3.2.38. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.

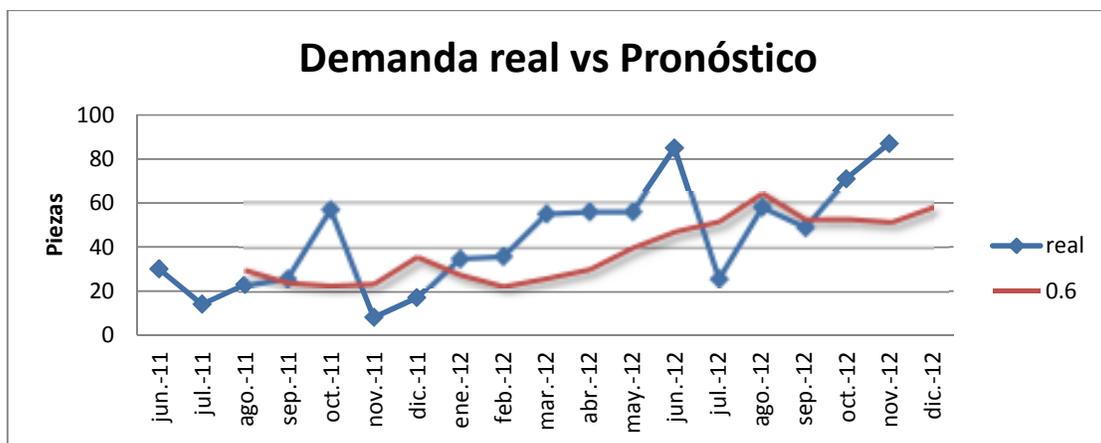


- ❖ Para suavizamiento exponencial doble.- En éste caso la mejor opción es con un alfa de 0.6 al contar con el menor ECM y DAM.

Tabla 3.2.48. Resultados de pronósticos por Suavizamiento exponencial doble

alfa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
CPM pronóstico	35	44	51	54	56	58	61	63	67
DAM	22	21	19	18	18	18	19	20	21
MAPE	56%	53%	50%	49%	49%	51%	54%	58%	64%
ECM	744	638	547	495	473	471	481	502	539

Gráfico 3.2.39. Comparación demanda real vs pronóstico elegido.



3.2.7.8 Evaluación del error de pronóstico

Con base a los resultados obtenidos, se decidió utilizar el método de Promedio móvil con una $n=5$, al tener el menor ECM y DAM.

Y tenemos un CPM de 58, sin embargo se esperaba un aumento en la demanda por la utilización por parte de Aeroméxico Connect de un 40% con lo cual se dejó en cifra cerrada de **CPM=80** y con éste valor se realizó el análisis para la obtención de EOQ, SS, PR etc.

3.2.2.4 Estrategias de ajuste para satisfacer la demanda.

Lo primero que se definió fue el EOQ el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2kD}{h}} \dots \dots \dots (10)$$

Donde

k es el costo por pedir $k= 90$ USD.

D es la demanda mensual $\lambda= 80$ latas.

h es el costo mensual por mantener $h=0.24$ USD/mes.

Con lo que obtenemos un EOQ= 244 Latas.

Posterior a la obtención del EOQ se determinó el SS.

$$SS = z \sigma \sqrt{L} \dots \dots \dots (11)$$

Donde

z es el factor de seguridad dado por el nivel de servicio requerido en este caso se requiere un nivel de servicio de 99%, por lo tanto $z=2.32$.

σ es la desviación estándar.

L es el tiempo de demora del material (2 meses)

$SS=(2.32)(23.53)(1.4142)$.

$SS=77$ latas.

Por lo que la cantidad que se debía tener en almacén el día de la entrega era de 321 latas aproximadamente.

La cantidad que se compró en ese momento fueron 250 latas para que al llegar al almacén, se tuvieran las 320 latas aproximadamente.

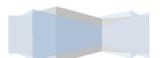
Se calculó un Punto de reorden para la siguiente solicitud de material.

$$PR = (\lambda * LT) + SS = 237 \text{ Latas} \dots \dots \dots (16)$$

Donde

λ es la demanda promedio mensual $\lambda=80$.

LT es el tiempo que tarda en llegar el material $LT= 2$ meses.



SS es el stock de seguridad $SS=77$ latas.

El punto de reorden se establece en 237 latas, es decir, que cuando el inventario llegue a las 237 latas, se tiene que solicitar la próxima compra por la cantidad del EOQ.

El tiempo estimado del ciclo de consumo y reabasto está dado por:

$$T = \frac{Q}{\lambda} = \frac{244}{80} = 3.05 \text{ meses} \dots \dots \dots (17)$$

El pedido llegó en Enero/13 y el punto de reorden fue también en Enero/13 debido a un sobreconsumo el cual fue de 140 latas y se observaba una tendencia a la alta en el consumo, así que se decidió recalcular el EOQ con una $\lambda=90$ latas.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2kD}{h}} = 260 \text{ latas} \dots \dots \dots (18)$$

Ahora el $EOQ=260$ Latas y sumándole el SS de 100 latas (recalculado), se debían tener 360 latas en la próxima llegada de material al almacén.

Así que la siguiente entrega fue por la cantidad de **300 latas para su llegada en Mar/13.**

El punto de reorden también cambio.

$$PR = (\lambda * LT) + SS = 280 \text{ Latas} \dots \dots \dots (19)$$

También el valor de T

$$T = \frac{Q}{\lambda} = \frac{260}{90} = 2.8 \text{ meses} \dots \dots \dots (20)$$

La siguiente entrega fue programada para Junio/13 pero debido a que el proveedor iba a tener escases de material en el mes de junio, se tuvo que adelantar la entrega para el mes de May/13.

3.2.2.5 Seguimiento de indicadores

NIVEL DE SERVICIO.-Al día de hoy se ha tenido un nivel del servicio del **100%** comparado con el año anterior (2012) que fue de **99%** y **en el que se registró solo 1 agotados**. Dichos agotados se presentaron en el mes de Agosto/12.

VALOR DE INVENTARIO. El valor promedio del inventario aumentó en 220 USD comparado con 2012, éste aumento va justificado por el aumento de la demanda debido a que aunque la demanda aumentó, el valor de inventario aumento muy poco.

ROTACIÓN DE INVENTARIO.- En cuanto a la rotación del inventario, se observó que disminuyó en 2013, ya que si bien la rotación comenzó muy bien a inicios de 2012, ésta venía a la baja había en los últimos meses y se ha logrado que vuelva a tener una tendencia a la alta.

Se ha logrado mantener la rotación promedio en lo que va de 2013 comparado con la de 2012 en 0.4 promedio, mejorando en nivel de servicio y asegurando la disponibilidad del material en almacén al tratarse de material crítico para la operación.

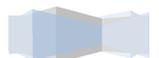
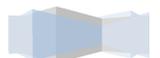
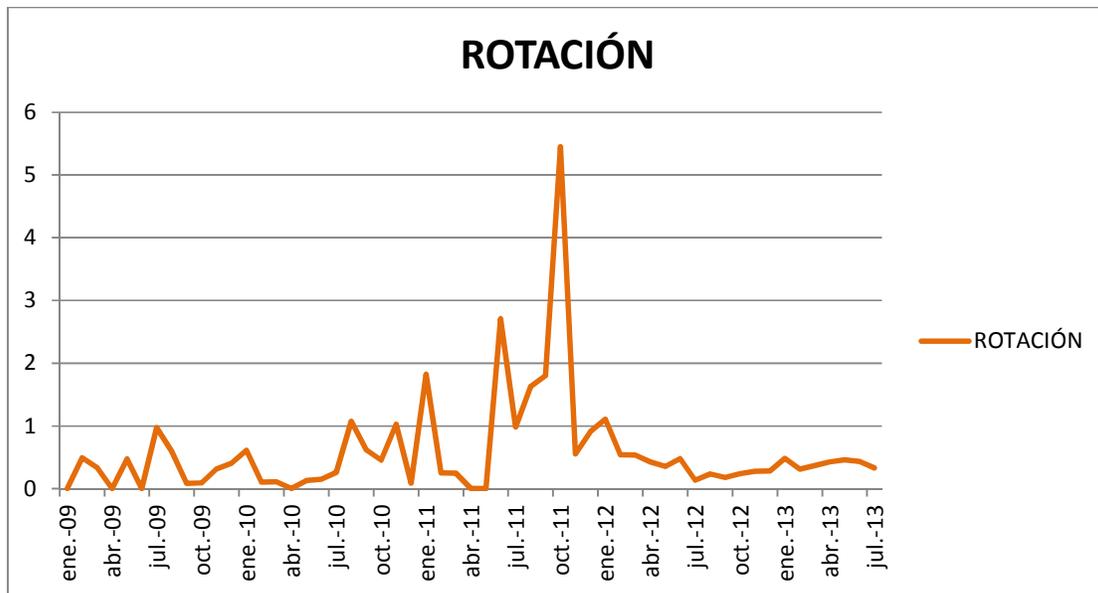


Tabla 3.2.49. Rotación del inventario 2012-2013

	Rotación		% mejora respecto 2012
	2012	2013	
Enero	1.11	0.48	-57%
Febrero	0.54	0.31	-42%
Marzo	0.54	0.37	-32%
Abril	0.42	0.43	1%
Mayo	0.35	0.46	29%
Junio	0.48	0.43	-9%
Julio	0.14	0.33	142%
Agosto	0.24		
Septiembre	0.18		
Octubre	0.24		
Noviembre	0.28		
Diciembre	0.29		

Gráfico 3.2.40. Histórico de rotación del inventario 2009-2013



4 CONCLUSIONES

De la empresa se conoció el giro, su historia, valores y hacia dónde quiere llegar, así como las actividades que desempeña dentro de ella de acuerdo a mi puesto de trabajo y conocimientos de planeación. También conocimos un poco el comportamiento del material técnico de consumo en una aerolínea y de sus diferentes clasificaciones que tienen dependiendo de su aplicabilidad, importancia y demanda.

Se mostró la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial en el apartado de control de inventarios mediante el análisis estadístico y de pronósticos de los consumos históricos de los materiales, para determinar la cantidad óptima a comprar y el momento adecuado que permitiera contar con un buen nivel de servicio sin sacrificar demasiado la rotación del material y el valor del inventario y con ello evitar tener demasiado dinero invertido en el almacén. La metodología utilizada contribuyó en tener una toma de decisiones más acertada y con fundamentos teóricos.

Se realizó el análisis de 3 materiales técnicos de consumo a partir de datos históricos para determinar la cantidad óptima a solicitar para su compra, así como el momento en que debería estar disponible en almacén para poder ofrecer un buen nivel de servicio a los usuarios, tomando en cuenta el valor del inventario y la rotación del mismo para mantener un inventario sano.

Se logró mejorar el nivel de servicio y aunque el valor del inventario aumentó un poco, la rotación también se logró mejorar respecto a los periodos anteriores. Dicho aumento del valor del inventario se debió al aumento de la demanda para el año 2013 lo cual conlleva tener una mayor cantidad de material en almacén para satisfacer la demanda de los usuarios de los talleres, pero que se ve justificado dada la mejora en la rotación, que nos indica que el material que se está comprando, es utilizado por los talleres sin que se tenga grandes cantidades de material en almacén.

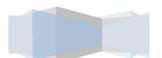
Gracias al trabajo sistemático del análisis de la demanda y de las consideraciones tomadas en cuenta a partir de la peculiaridad de cada material, me permitieron mejorar los indicadores de desempeño dentro de la empresa, permitiendo tener un mejor manejo de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

Aeroméxico. (s.f.). *Portal Interno*.

Nahmias, S. (2007). *Análisis de la planeación y las operaciones* (Quinta ed.). México: Mc Graw-Hill.

Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción*. Mexico: Mc Graw-Hill.



APÉNDICE 1

Los cálculos realizados para la obtención de resultados de los pronósticos e indicadores de error siguen la misma metodología aplicada al material abajo indicado.

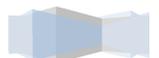
➤ Cálculos para respirador desechable.

- Promedio móvil

	real	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
Ene-10	1602									
Feb-10	1887									
Mar-10	1856	1745								
Abr-10	1303	1872	1782							
May-10	1153	1580	1682	1662						
Jun-10	1017	1228	1437	1550	1560					
Jul-10	1138	1085	1158	1332	1443	1470				
Ago-10	1186	1078	1103	1153	1293	1392	1422			
Sep-10	1122	1162	1114	1124	1159	1276	1363	1393		
Oct-10	1380	1154	1149	1116	1123	1153	1254	1333	1363	
Nov-10	1467	1251	1229	1207	1169	1166	1186	1269	1338	1364
Dic-10	531	1424	1323	1289	1259	1218	1209	1221	1291	1351
Ene-11	1697	999	1126	1125	1137	1137	1120	1124	1144	1215
Feb-11	1545	1114	1232	1269	1239	1231	1217	1192	1188	1199
Mar-11	1489	1621	1258	1310	1324	1290	1275	1258	1231	1224
Abr-11	1406	1517	1577	1316	1346	1352	1319	1302	1284	1257
May-11	1406	1448	1480	1534	1334	1356	1359	1330	1314	1296
Jun-11	1377	1406	1434	1462	1509	1346	1363	1365	1338	1323
Jul-11	1442	1392	1396	1420	1445	1487	1350	1365	1366	1342
Ago-11	1525	1410	1408	1408	1424	1444	1480	1362	1373	1374
Sep-11	1359	1484	1448	1438	1431	1441	1456	1486	1380	1389
Oct-11	1986	1442	1442	1426	1422	1419	1429	1444	1472	1378
Nov-11	1783	1673	1623	1578	1538	1516	1500	1499	1504	1523
Dic-11	1708	1885	1709	1663	1619	1579	1554	1536	1530	1532
Ene-12	1760	1746	1826	1709	1672	1634	1597	1573	1555	1548
Feb-12	1952	1734	1750	1809	1719	1687	1652	1618	1594	1575
Mar-12	1952	1856	1807	1801	1838	1758	1725	1689	1655	1630
Abr-12	2440	1952	1888	1843	1831	1857	1786	1753	1719	1684
May-12	2179	2196	2115	2026	1962	1933	1940	1868	1829	1791
Jun-12	1943	2310	2190	2131	2057	1999	1968	1970	1902	1864
Jul-12	1088	2061	2187	2129	2093	2038	1991	1965	1967	1906
Ago-12	2132	1516	1737	1913	1920	1926	1902	1878	1867	1879
Sep-12	1889	1610	1721	1836	1956	1956	1955	1931	1906	1894
Oct-12		2011	1703	1763	1846	1945	1946	1947	1926	1904

Cálculo de la Desviación Media Absoluta para promedios móviles

	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	112								
Abr-10	569	479							
May-10	427	529	509						
Jun-10	211	420	533	543					
Jul-10	53	20	194	305	332				
Ago-10	109	83	33	107	206	236			
Sep-10	40	8	2	37	154	241	271		
Oct-10	226	231	264	257	227	126	47	17	
Nov-10	216	238	261	298	301	281	198	129	103
Dic-10	893	792	758	728	687	678	690	760	820
Ene-11	698	571	572	560	560	577	573	553	482
Feb-11	431	313	276	306	315	328	353	357	346
Mar-11	132	231	179	165	199	214	231	258	265
Abr-11	111	171	91	60	55	87	104	122	149
May-11	42	74	128	72	50	47	76	92	110
Jun-11	29	57	85	132	31	14	12	39	54
Jul-11	51	46	23	3	45	92	77	76	100
Ago-11	116	117	117	101	81	45	163	152	151
Sep-11	125	89	79	72	82	97	127	21	30
Oct-11	544	544	560	564	567	557	542	514	608
Nov-11	111	160	205	245	267	283	284	279	260
Dic-11	177	1	45	89	129	154	173	178	176
Ene-12	15	66	51	88	126	163	187	205	212
Feb-12	218	202	143	233	265	300	335	358	377
Mar-12	96	145	151	114	194	227	263	297	322
Abr-12	488	552	597	609	583	654	687	721	756
May-12	17	64	153	217	247	239	312	350	388
Jun-12	367	247	188	114	56	25	27	41	79
Jul-12	973	1099	1041	1005	950	903	877	879	818
Ago-12	617	395	220	212	206	230	254	265	253
Sep-12	279	168	54	67	67	66	42	17	5
Promedio	274	270	259	261	258	264	276	278	298

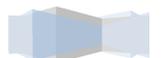


	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	6%								
Abr-10	44%	37%							
May-10	37%	46%	44%						
Jun-10	21%	41%	52%	53%					
Jul-10	5%	2%	17%	27%	29%				
Ago-10	9%	7%	3%	9%	17%	20%			
Sep-10	4%	1%	0%	3%	14%	21%	24%		
Oct-10	16%	17%	19%	19%	16%	9%	3%	1%	
Nov-10	15%	16%	18%	20%	21%	19%	13%	9%	7%
Dic-10	168%	149%	143%	137%	129%	128%	130%	143%	154%
Ene-11	41%	34%	34%	33%	33%	34%	34%	33%	28%
Feb-11	28%	20%	18%	20%	20%	21%	23%	23%	22%
Mar-11	9%	16%	12%	11%	13%	14%	15%	17%	18%
Abr-11	8%	12%	6%	4%	4%	6%	7%	9%	11%
May-11	3%	5%	9%	5%	4%	3%	5%	7%	8%
Jun-11	2%	4%	6%	10%	2%	1%	1%	3%	4%
Jul-11	4%	3%	2%	0%	3%	6%	5%	5%	7%
Ago-11	8%	8%	8%	7%	5%	3%	11%	10%	10%
Sep-11	9%	7%	6%	5%	6%	7%	9%	2%	2%
Oct-11	27%	27%	28%	28%	29%	28%	27%	26%	31%
Nov-11	6%	9%	11%	14%	15%	16%	16%	16%	15%
Dic-11	10%	0%	3%	5%	8%	9%	10%	10%	10%
Ene-12	1%	4%	3%	5%	7%	9%	11%	12%	12%
Feb-12	11%	10%	7%	12%	14%	15%	17%	18%	19%
Mar-12	5%	7%	8%	6%	10%	12%	13%	15%	17%
Abr-12	20%	23%	24%	25%	24%	27%	28%	30%	31%
May-12	1%	3%	7%	10%	11%	11%	14%	16%	18%
Jun-12	19%	13%	10%	6%	3%	1%	1%	2%	4%
Jul-12	89%	101%	96%	92%	87%	83%	81%	81%	75%
Ago-12	29%	19%	10%	10%	10%	11%	12%	12%	12%
Sep-12	15%	9%	3%	4%	4%	4%	2%	1%	0%
Promedio	22%	22%	21%	21%	20%	20%	21%	21%	22%



	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	12432								
Abr-10	323192	229122							
May-10	181902	279841	259081						
Jun-10	44521	176680	283823	295066					
Jul-10	2809	387	37733	93147	110003				
Ago-10	11772	6944	1106	11535	42573	55831			
Sep-10	1600	69	2	1399	23562	58012	73306		
Oct-10	51076	53515	69828	65946	51453	15984	2233	300	
Nov-10	46656	56485	67860	89043	90601	79202	39056	16641	10527
Dic-10	796556	627264	574185	529402	472427	459684	475755	578107	672236
Ene-11	487204	326041	327184	313376	313227	332764	328043	305686	232035
Feb-11	185761	98178	76314	93391	98910	107397	124433	127528	119439
Mar-11	17424	53515	32041	27225	39468	45613	53246	66335	70437
Abr-11	12321	29241	8190	3624	2970	7619	10790	14911	22141
May-11	1722	5476	16448	5242	2517	2182	5833	8525	12078
Jun-11	841	3211	7140	17319	982	196	141	1512	2927
Jul-11	2550	2085	506	7	1995	8438	5968	5709	10000
Ago-11	13340	13611	13748	10201	6534	1999	26691	23003	22801
Sep-11	15500	7921	6162	5213	6697	9354	16097	432	870
Oct-11	295936	295936	313880	318322	321300	310090	294171	264424	370029
Nov-11	12210	25493	42025	60123	71378	80008	80798	77903	67496
Dic-11	31152	2	2003	7921	16727	23716	29756	31565	31046
Ene-12	210	4312	2601	7709	15918	26522	34876	42162	44902
Feb-12	47524	40669	20378	54196	70313	90086	111890	128164	141978
Mar-12	9216	21122	22877	13042	37636	51659	68972	88407	103813
Abr-12	238144	304704	356409	370881	340083	428090	471797	520482	570931
May-12	289	4139	23409	46916	60762	57053	97032	122189	150777
Jun-12	134322	61174	35250	12905	3080	611	729	1672	6178
Jul-12	946729	1208534	1082640	1010427	901867	814635	768471	772641	669451
Ago-12	380072	156288	48180	44775	42573	52900	64643	70107	63958
Sep-12	77841	28224	2862	4543	4444	4375	1743	289	22
Promedio	141382	137340	128754	125460	116667	120155	127459	136196	147655

- Suavizamiento exponencial simple



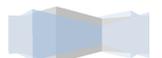
	real	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10	1602									
Feb-10	1887	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602
Mar-10	1856	1631	1659	1688	1716	1745	1773	1802	1830	1859
Abr-10	1303	1653	1698	1738	1772	1800	1823	1840	1851	1856
May-10	1153	1618	1619	1608	1584	1552	1511	1464	1413	1358
Jun-10	1017	1572	1526	1471	1412	1352	1296	1246	1205	1174
Jul-10	1138	1516	1424	1335	1254	1185	1129	1086	1055	1033
Ago-10	1186	1478	1367	1276	1208	1161	1134	1122	1121	1127
Sep-10	1122	1449	1331	1249	1199	1174	1165	1167	1173	1180
Oct-10	1380	1416	1289	1211	1168	1148	1139	1135	1132	1128
Nov-10	1467	1413	1307	1262	1253	1264	1284	1307	1330	1355
Dic-10	531	1418	1339	1323	1339	1365	1394	1419	1440	1456
Ene-11	1697	1329	1178	1086	1016	948	876	797	713	623
Feb-11	1545	1366	1281	1269	1288	1323	1369	1427	1500	1590
Mar-11	1489	1384	1334	1352	1391	1434	1474	1510	1536	1549
Abr-11	1406	1395	1365	1393	1430	1461	1483	1495	1498	1495
May-11	1406	1396	1373	1397	1420	1434	1437	1433	1424	1415
Jun-11	1377	1397	1380	1400	1415	1420	1418	1414	1410	1407
Jul-11	1442	1395	1379	1393	1400	1398	1394	1388	1384	1380
Ago-11	1525	1399	1392	1408	1417	1420	1423	1426	1430	1436
Sep-11	1359	1412	1418	1443	1460	1473	1484	1495	1506	1516
Oct-11	1986	1407	1407	1418	1420	1416	1409	1400	1388	1375
Nov-11	1783	1465	1522	1588	1646	1701	1755	1810	1866	1925
Dic-11	1708	1496	1575	1647	1701	1742	1772	1791	1800	1797
Ene-12	1760	1518	1601	1665	1704	1725	1734	1733	1726	1717
Feb-12	1952	1542	1633	1694	1726	1742	1749	1752	1753	1756
Mar-12	1952	1583	1697	1771	1817	1847	1871	1892	1912	1932
Abr-12	2440	1620	1748	1825	1871	1900	1920	1934	1944	1950
May-12	2179	1702	1886	2010	2098	2170	2232	2288	2341	2391
Jun-12	1943	1750	1945	2061	2131	2174	2200	2212	2211	2200
Jul-12	1088	1769	1944	2025	2056	2059	2046	2024	1997	1969
Ago-12	2132	1701	1773	1744	1669	1573	1471	1369	1270	1176
Sep-12	1889	1744	1845	1860	1854	1853	1868	1903	1960	2036
Oct-12		1758	1854	1869	1868	1871	1880	1893	1903	1904



	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10	285	285	285	285	285	285	285	285	285
Mar-10	226	197	169	140	112	83	55	26	3
Abr-10	350	395	435	469	497	520	537	548	553
May-10	465	466	455	431	399	358	311	260	205
Jun-10	555	509	454	395	335	279	229	188	157
Jul-10	378	286	197	116	47	9	52	83	105
Ago-10	292	181	90	22	25	52	64	65	59
Sep-10	327	209	127	77	52	43	45	51	58
Oct-10	36	91	169	212	232	241	245	248	252
Nov-10	54	160	205	214	203	183	160	137	112
Dic-10	887	808	792	808	834	863	888	909	925
Ene-11	368	519	611	681	749	821	900	984	1074
Feb-11	179	264	276	257	222	176	118	45	45
Mar-11	105	155	137	98	55	15	21	47	60
Abr-11	11	41	13	24	55	77	89	92	89
May-11	10	33	9	14	28	31	27	18	9
Jun-11	20	3	23	38	43	41	37	33	30
Jul-11	47	63	49	42	44	48	54	58	62
Ago-11	126	133	117	108	105	102	99	95	89
Sep-11	53	59	84	101	114	125	136	147	157
Oct-11	579	579	568	566	570	577	586	598	611
Nov-11	318	261	195	137	82	28	27	83	142
Dic-11	212	133	61	7	34	64	83	92	89
Ene-12	242	159	95	56	35	26	27	34	43
Feb-12	410	319	258	226	210	203	200	199	196
Mar-12	369	255	181	135	105	81	60	40	20
Abr-12	820	692	615	569	540	520	506	496	490
May-12	477	293	169	81	9	53	109	162	212
Jun-12	193	2	118	188	231	257	269	268	257
Jul-12	681	856	937	968	971	958	936	909	881
Ago-12	431	359	388	463	559	661	763	862	956
Sep-12	145	44	29	35	36	21	14	71	147
Promedio	302	275	260	249	244	244	248	254	262

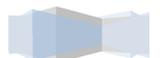


	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Mar-10	12%	11%	9%	8%	6%	4%	3%	1%	0%
Abr-10	27%	30%	33%	36%	38%	40%	41%	42%	42%
May-10	40%	40%	39%	37%	35%	31%	27%	23%	18%
Jun-10	55%	50%	45%	39%	33%	27%	23%	18%	15%
Jul-10	33%	25%	17%	10%	4%	1%	5%	7%	9%
Ago-10	25%	15%	8%	2%	2%	4%	5%	5%	5%
Sep-10	29%	19%	11%	7%	5%	4%	4%	5%	5%
Oct-10	3%	7%	12%	15%	17%	17%	18%	18%	18%
Nov-10	4%	11%	14%	15%	14%	12%	11%	9%	8%
Dic-10	167%	152%	149%	152%	157%	162%	167%	171%	174%
Ene-11	22%	31%	36%	40%	44%	48%	53%	58%	63%
Feb-11	12%	17%	18%	17%	14%	11%	8%	3%	3%
Mar-11	7%	10%	9%	7%	4%	1%	1%	3%	4%
Abr-11	1%	3%	1%	2%	4%	5%	6%	7%	6%
May-11	1%	2%	1%	1%	2%	2%	2%	1%	1%
Jun-11	1%	0%	2%	3%	3%	3%	3%	2%	2%
Jul-11	3%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%
Ago-11	8%	9%	8%	7%	7%	7%	7%	6%	6%
Sep-11	4%	4%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
Oct-11	29%	29%	29%	29%	29%	29%	30%	30%	31%
Nov-11	18%	15%	11%	8%	5%	2%	2%	5%	8%
Dic-11	12%	8%	4%	0%	2%	4%	5%	5%	5%
Ene-12	14%	9%	5%	3%	2%	2%	2%	2%	2%
Feb-12	21%	16%	13%	12%	11%	10%	10%	10%	10%
Mar-12	19%	13%	9%	7%	5%	4%	3%	2%	1%
Abr-12	34%	28%	25%	23%	22%	21%	21%	20%	20%
May-12	22%	13%	8%	4%	0%	2%	5%	7%	10%
Jun-12	10%	0%	6%	10%	12%	13%	14%	14%	13%
Jul-12	63%	79%	86%	89%	89%	88%	86%	84%	81%
Ago-12	20%	17%	18%	22%	26%	31%	36%	40%	45%
Sep-12	8%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	4%	8%
Promedio	23%	21%	20%	20%	19%	19%	20%	20%	20%



	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10	81225	81225	81225	81225	81225	81225	81225	81225	81225
Mar-10	50850	38809	28392	19600	12432	6889	2970	676	6
Abr-10	122535	156341	189269	219961	247258	270192	287993	300085	306086
May-10	216267	217454	206602	186106	158902	128107	96718	67371	42158
Jun-10	307515	259138	206274	155899	112434	77935	52578	35311	24502
Jul-10	142949	81936	38778	13434	2177	87	2726	6958	11098
Ago-10	85426	32759	8072	464	609	2676	4053	4184	3426
Sep-10	106962	43596	16102	5918	2669	1875	2016	2607	3381
Oct-10	1321	8274	28620	44878	53902	57926	59795	61399	63597
Nov-10	2947	25526	42199	45842	41243	33588	25715	18648	12593
Dic-10	787016	653161	627587	652114	696320	744237	788353	825715	855215
Ene-11	135111	269831	373880	464413	560658	673915	809338	968772	1152450
Feb-11	31976	69465	76187	65991	49455	31106	13898	2012	1993
Mar-11	11011	23978	18828	9630	3046	212	426	2212	3656
Abr-11	131	1671	170	582	3070	5957	7955	8539	7929
May-11	106	1070	83	209	767	953	716	342	79
Jun-11	389	8	511	1420	1836	1710	1371	1069	893
Jul-11	2232	3935	2418	1797	1899	2348	2904	3418	3845
Ago-11	15755	17738	13788	11758	10980	10483	9834	8967	7957
Sep-11	2813	3535	7023	10189	12906	15637	18564	21627	24674
Oct-11	335552	335748	323007	320850	325124	332908	343543	357111	373678
Nov-11	101342	67887	37961	18731	6740	772	738	6969	20127
Dic-11	44735	17806	3768	51	1153	4081	6914	8408	7954
Ene-12	58737	25202	9019	3166	1227	699	732	1133	1856
Feb-12	168199	101762	66811	50969	43895	41038	40047	39494	38537
Mar-12	136242	65128	32738	18349	10974	6566	3604	1580	385
Abr-12	672725	479087	377800	324073	292008	270829	256047	245966	240064
May-12	227699	85690	28648	6491	84	2792	11924	26183	44946
Jun-12	37427	3	13811	35217	53548	66118	72231	72018	66152
Jul-12	463605	733513	878463	936243	942264	917484	875399	825686	775668
Ago-12	185936	128764	150478	214778	312088	436734	582645	743502	913798
Sep-12	21049	1942	815	1230	1319	456	196	4977	21729
Promedio	142431	126000	121542	122549	126382	132110	139474	148568	159739

- Suavizamiento exponencial Doble



Segundo suavizamiento

	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602	1602
Abr-10	1605	1613	1628	1648	1673	1705	1742	1784	1833
May-10	1610	1630	1661	1697	1737	1776	1810	1838	1854
Jun-10	1611	1628	1645	1652	1644	1617	1568	1498	1408
Jul-10	1607	1608	1593	1556	1498	1424	1343	1263	1197
Ago-10	1598	1571	1515	1435	1341	1247	1163	1096	1049
Sep-10	1586	1530	1444	1344	1251	1179	1135	1116	1120
Oct-10	1572	1490	1385	1286	1213	1171	1157	1162	1174
Nov-10	1556	1450	1333	1239	1180	1152	1142	1138	1132
Dic-10	1542	1422	1311	1244	1222	1231	1257	1292	1333
Ene-11	1530	1405	1315	1282	1294	1329	1370	1410	1443
Feb-11	1510	1360	1246	1175	1121	1057	969	852	705
Mar-11	1495	1344	1253	1221	1222	1244	1290	1371	1501
Abr-11	1484	1342	1283	1289	1328	1382	1444	1503	1545
May-11	1475	1347	1316	1345	1395	1443	1480	1499	1500
Jun-11	1467	1352	1340	1375	1414	1439	1447	1439	1423
Jul-11	1460	1358	1358	1391	1417	1427	1424	1416	1409
Ago-11	1454	1362	1368	1394	1408	1407	1399	1390	1383
Sep-11	1448	1368	1380	1403	1414	1416	1418	1422	1431
Oct-11	1445	1378	1399	1426	1443	1457	1472	1489	1508
Nov-11	1441	1384	1405	1423	1430	1428	1422	1409	1388
Dic-11	1443	1411	1460	1512	1565	1624	1694	1775	1871
Ene-12	1449	1444	1516	1588	1654	1713	1762	1795	1805
Feb-12	1455	1476	1561	1634	1689	1725	1742	1740	1726
Mar-12	1464	1507	1600	1671	1716	1740	1749	1751	1753
Abr-12	1476	1545	1652	1729	1782	1818	1849	1880	1914
May-12	1490	1586	1704	1786	1841	1879	1908	1931	1946
Jun-12	1512	1646	1796	1911	2005	2091	2174	2259	2347
Jul-12	1535	1706	1875	1999	2090	2156	2201	2221	2215
Ago-12	1559	1753	1920	2022	2074	2090	2077	2042	1993
Sep-12	1573	1757	1867	1880	1824	1719	1581	1424	1258
Oct-12	1590	1775	1865	1870	1838	1808	1806	1852	1959



	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	254	254	254	254	254	254	254	254	254
Abr-10	302	310	325	345	370	402	439	481	530
May-10	457	477	508	544	584	623	657	685	701
Jun-10	594	611	628	635	627	600	551	481	391
Jul-10	469	470	455	418	360	286	205	125	59
Ago-10	412	385	329	249	155	61	23	90	137
Sep-10	464	408	322	222	129	57	13	6	2
Oct-10	192	110	5	94	167	209	223	218	206
Nov-10	89	17	134	228	287	315	325	329	335
Dic-10	1011	891	780	713	691	700	726	761	802
Ene-11	167	292	382	415	403	368	327	287	254
Feb-11	35	185	299	370	424	488	576	693	840
Mar-11	6	145	236	268	267	245	199	118	12
Abr-11	78	64	123	117	78	24	38	97	139
May-11	69	59	90	61	11	37	74	93	94
Jun-11	90	25	37	2	37	62	70	62	46
Jul-11	18	84	84	51	25	15	18	26	33
Ago-11	71	163	157	131	117	118	126	135	142
Sep-11	89	9	21	44	55	57	59	63	72
Oct-11	541	608	587	560	543	529	514	497	478
Nov-11	342	399	378	360	353	355	361	374	395
Dic-11	265	297	248	196	143	84	14	67	163
Ene-12	311	316	244	172	106	47	2	35	45
Feb-12	497	476	391	318	263	227	210	212	226
Mar-12	488	445	352	281	236	212	203	201	199
Abr-12	964	895	788	711	658	622	591	560	526
May-12	689	593	475	393	338	300	271	248	233
Jun-12	431	297	147	32	62	148	231	316	404
Jul-12	447	618	787	911	1002	1068	1113	1133	1127
Ago-12	573	379	212	110	58	42	55	90	139
Sep-12	316	132	22	9	65	170	308	465	631
Promedio	346	336	316	297	286	281	283	297	310

	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Abr-10	23%	24%	25%	26%	28%	31%	34%	37%	41%
May-10	40%	41%	44%	47%	51%	54%	57%	59%	61%
Jun-10	58%	60%	62%	62%	62%	59%	54%	47%	38%
Jul-10	41%	41%	40%	37%	32%	25%	18%	11%	5%
Ago-10	35%	32%	28%	21%	13%	5%	2%	8%	12%
Sep-10	41%	36%	29%	20%	12%	5%	1%	1%	0%
Oct-10	14%	8%	0%	7%	12%	15%	16%	16%	15%
Nov-10	6%	1%	9%	16%	20%	21%	22%	22%	23%
Dic-10	190%	168%	147%	134%	130%	132%	137%	143%	151%
Ene-11	10%	17%	23%	24%	24%	22%	19%	17%	15%
Feb-11	2%	12%	19%	24%	27%	32%	37%	45%	54%
Mar-11	0%	10%	16%	18%	18%	16%	13%	8%	1%
Abr-11	6%	5%	9%	8%	6%	2%	3%	7%	10%
May-11	5%	4%	6%	4%	1%	3%	5%	7%	7%
Jun-11	7%	2%	3%	0%	3%	5%	5%	5%	3%
Jul-11	1%	6%	6%	4%	2%	1%	1%	2%	2%
Ago-11	5%	11%	10%	9%	8%	8%	8%	9%	9%
Sep-11	7%	1%	2%	3%	4%	4%	4%	5%	5%
Oct-11	27%	31%	30%	28%	27%	27%	26%	25%	24%
Nov-11	19%	22%	21%	20%	20%	20%	20%	21%	22%
Dic-11	16%	17%	15%	11%	8%	5%	1%	4%	10%
Ene-12	18%	18%	14%	10%	6%	3%	0%	2%	3%
Feb-12	25%	24%	20%	16%	13%	12%	11%	11%	12%
Mar-12	25%	23%	18%	14%	12%	11%	10%	10%	10%
Abr-12	40%	37%	32%	29%	27%	25%	24%	23%	22%
May-12	32%	27%	22%	18%	16%	14%	12%	11%	11%
Jun-12	22%	15%	8%	2%	3%	8%	12%	16%	21%
Jul-12	41%	57%	72%	84%	92%	98%	102%	104%	104%
Ago-12	27%	18%	10%	5%	3%	2%	3%	4%	7%
Sep-12	17%	7%	1%	0%	3%	9%	16%	25%	33%
Promedio	26%	25%	24%	23%	22%	22%	22%	23%	24%

Cálculo del error cuadrático Medio para suavizamiento exponencial doble

$\alpha=0.1$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.9$
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Ene-10									
Feb-10									
Mar-10	64516	64516	64516	64516	64516	64516	64516	64516	64516
Abr-10	91113	96348	105398	118749	137085	161283	192414	231746	280741
May-10	208547	227911	257830	296328	340764	387531	431978	468568	491275
Jun-10	352251	373546	394132	403449	393364	359712	303459	230930	152790
Jul-10	219596	220673	206763	174759	129780	82028	41931	15735	3477
Ago-10	169380	148268	108488	62094	24166	3716	534	8036	18746
Sep-10	214953	166663	103373	49341	16742	3288	156	32	6
Oct-10	36853	12178	26	8827	28047	43714	49648	47648	42397
Nov-10	7994	286	18000	52034	82266	99249	105636	108167	111929
Dic-10	1022201	793024	609117	509070	477547	490031	527430	579085	642479
Ene-11	28006	85234	145937	172134	162608	135701	106669	82285	64285
Feb-11	1251	34391	89311	136549	179784	238051	331457	479945	704801
Mar-11	39	21046	55696	72076	71394	60017	39696	14028	150
Abr-11	6109	4100	15219	13768	6114	563	1419	9397	19221
May-11	4789	3528	8149	3691	130	1356	5437	8707	8837
Jun-11	8145	628	1364	3	1380	3875	4879	3900	2154
Jul-11	331	7137	7068	2593	625	234	329	695	1119
Ago-11	5090	26611	24524	17033	13756	13969	15917	18236	20208
Sep-11	7963	78	447	1964	3021	3282	3450	3999	5113
Oct-11	293095	369691	344630	313636	294540	279899	264201	246714	228941
Nov-11	117081	159445	143215	129308	124931	125891	130674	140183	156033
Dic-11	70113	87945	61681	38221	20385	6989	208	4476	26629
Ene-12	97007	99813	59666	29635	11324	2219	4	1207	1988
Feb-12	246562	227048	153254	100995	69021	51398	44258	44936	51218
Mar-12	238053	198022	123607	78951	55751	45042	41288	40555	39724
Abr-12	929348	801093	621551	505198	433538	386277	349261	313682	276254
May-12	474231	352198	225878	154585	114519	89911	73171	61392	54069
Jun-12	186190	88397	21745	1032	3869	21833	53494	99789	162853
Jul-12	200083	381320	619418	829532	1003611	1141445	1237695	1283391	1269758
Ago-12	328714	143414	44901	12208	3335	1758	3059	8188	19229
Sep-12	99934	17352	471	75	4251	28998	94808	216141	398416
Promedio	184824	168126	149528	140399	137812	139799	145777	156010	171592

