



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**“MEDICIÓN EN LA PRECISIÓN DE LOS  
PRONÓSTICOS DE VENTAS Y SU EFECTO EN LOS  
COSTOS DE LA EMPRESA”**

**CAROLINA DEL PILAR SANCHEZ SEPULVEDA  
PROFESOR GUÍA: RAUL CABEZA FAUNDEZ**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**CONCEPCIÓN – CHILE**

**ENERO, 2017**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD**

Yo, **Carolina del Pilar Sánchez Sepúlveda**, declaro que este documento no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Concepción, Enero de 2017

---

Firma del alumno

*A mis padres, por el apoyo y confianza,*

*A mis hijos y Marido, por acompañarme*

*En este nuevo camino,  
incondicionalmente, con  
mucho amor y entrega.*

## AGRADECIMIENTOS

*Mis mayores agradecimientos a mi profesor guía don Raúl Cabeza Faúndez, quien ha sido un gran maestro, y quien con su apoyo me ayudó a lograr que este proyecto fuese exitoso. Así como también agradezco a cada uno de los docentes que me acompañaron en este desafío, por enseñarme todo lo que hoy me forma como profesional.*

*También quiero agradecer a mi compañero, el cual me facilitó material de apoyo de la empresa en estudio y me prestó su apoyo durante su realización.*

*Finalmente debo agradecer a todas las personas que conforman el equipo humano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andrés Bello Sede Concepción, encabezados por don Danilo Hernández y don Cristian Saavedra, quienes con su profesionalismo y entrega han sido fundamentales para lograr el término de esta carrera.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
I.1 Importancia de resolver el problema de pronósticos de demanda....	2
I.2 Discusión bibliográfica.....	3
I.3 Contribución del trabajo.....	5
I.4 Objetivo General y Específico.....	7
I.5 Organización y presentación.....	7
<b>II. METODOLOGIA Y DESARROLLO</b>	
II.1 Descripción de la Organización.....	9
II.2 Metodología.....	10
II.3 Descripción del problema.....	12
II.4 Limitaciones y alcances.....	14
<b>III. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDADES DE MEJORA</b>	
III.1 Medidas de Precisión y Aplicaciones.....	15
III.1.1 Medidas de Selección.....	17
III.1.2 Medidas de Interpretación.....	19
III.1.3 Medidas de Precisión.....	21
III.1.4 Otros criterios de evaluación.....	24
III.2 Identificación Cuantitativa del Problema.....	26
III.3 Enfoque para Pronóstico.....	29
III.3.1 Modelos Cualitativos de Pronóstico.....	30

III.3.2 Modelos Cuantitativos de Pronóstico.....	30
III.3.3 Otras técnicas para determinar mejores pronósticos.....	34
III.4 Elección de Modelo de Predicción.....	40
III.5 Oportunidades de Mejora.....	41
<b>IV. INGENIERIA DEL PROYECTO</b>	
IV.1 Análisis de la Tendencia por producto.....	43
IV.2 Pronóstico Agregado según venta histórica.....	43
IV.3 Análisis del Periodo Actual.....	44
IV.4 Caracterización de los Productos.....	47
<b>V. PROPUESTAS DE MODELOS DE PRONÓSTICOS.....</b>	<b>49</b>
V.1 Periodos de Proyección.....	51
<b>VI. RESULTADOS</b>	
VI.1 Análisis de la Información.....	53
VI.2 Estimación de Costos Asociados a un mal pronóstico.....	65
VI.3 Otros Costos Asociados.....	66
VI.4 Resultados Generales Puertas Top Ventas.....	67
<b>VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS</b>	
VII.1 Conclusiones.....	68
VII.2 Sugerencias.....	69
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Medidas de Error de Pronóstico.....	17
Tabla N°2 Errores de pronóstico.....	46
Tabla N°3 Datos Históricos Anuales 1ª Puerta más vendida.....	51
Tabla N°4 Datos Históricos Anuales 2ª Puerta más vendida.....	51
Tabla N°5 Datos Históricos Anuales 3ª Puerta más vendida.....	51
Tabla N°6 Ventas mensuales Puerta Sinfonía 76SP1C9BB000AC0.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Flujo Efectivo.....	12
Figura N°2 Modelos de decisión para Pronósticos.....	29
Figura N°3 Correlograma periodo 2006 -2008.....	44
Figura N°4 Resultados Promedio Móvil.....	60
Figura N°5 Resultados Suavizamiento Exponencial .....	62
Figura N°6 Cálculo de Costos Asociados.....	65
Figura N°7 Resultados Generales Puertas Top Ventas.....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1. Tendencia 76SP1C9BB000AC0.....	43
Gráfico N°2. Tendencia periodo 2008-2009.....	44
Gráfico N°3. Comparación de error de estimación.....	46
Gráfico N°4. Análisis Jerárquico.....	48
Gráfico N°5. Pareto Masonite.....	52
Gráfico N°6. Tendencia de Ventas Masonite 2011-2016.....	53
Gráfico N°7. Tendencia de Ventas Puerta Código 76SP1D9BB000AC0.....	57
Gráfico N°8. Cálculo de Regresión Lineal Puerta código 76SP1C9BB000AC0	
Gráfico N°9. Comparación de ventas reales y pronosticadas con Promedio Móvil Puerta código 76SP1C9BB000AC0.....	60
Gráfico N°10. Comparación de ventas reales y pronosticadas con Suavizamiento Exponencial para puerta código 76SP1C9BB000AC0.....	63

## **I. INTRODUCCIÓN**

Cada día existe una mayor presión de parte de las empresas por utilizar de mejor manera las herramientas clásicas para pronósticos de demanda. Lo anterior también involucra preocuparse del nivel o características de los precios, de las especificaciones y valor agregado del producto, además de la valorización que presentan estas variables para los clientes.

Por ello, las empresas deben tener claridad sobre el conjunto de herramientas de pronósticos a utilizar tanto para determinar las ventas futuras que se generarán, como tomar acciones correctivas para pronósticos con un mayor nivel de incertidumbre. Dentro de éstas, las que se utilizaron dentro de este estudio son, series de tiempo, modelos de mínimos cuadrados ordinario para series de tiempo y modelos lineales.

A lo largo de esta tesis, se intentará responder a la interrogante de cómo es posible adelantarse a las compras de los consumidores, y lograr así un mejor diseño de las redes logísticas, desde el diseño de qué comprar a los proveedores, hasta la distribución en las tiendas para la venta final lo que trae consigo mejoras no sólo en la gestión, sino que también en la percepción del cliente con respecto al servicio. Con una buena herramienta de pronósticos el encargado de compras puede tomar decisiones acertadas en este ámbito.

En esta tesis se validarán los beneficios de un modelo para la empresa y también para los clientes finales, evaluar que el modelo se relacione y se adapte a la realidad, comparar este modelo con otros modelos factibles, determinar cuál explica la situación de mejor manera y finalmente analizar el modelo y obtener conclusiones.

### **I.1. Importancia de resolver el problema de pronósticos de demanda.**

Es de vital importancia conocer las preferencias del consumidor a la hora de predecir las futuras ventas. Para ello, un primer paso es conocer cuáles son los beneficios que los pronósticos aportan, y qué tan relevante es cada uno de ellos. De esta forma, será posible enfocarse en aquellos aspectos más importantes, logrando una mayor eficiencia en la asignación de tiempo y recursos monetarios.

Por otra parte, es interesante determinar cómo personas con diferentes perfiles percibirán los productos de maneras disímiles, asignando mayor importancia a una u otra de sus características.

El presente proyecto nace de la necesidad de responder y pronosticar de manera eficiente las ventas que generará la empresa en el corto y mediano plazo.

En esta tesis, se aplicaran herramientas estadísticas sólidas para cuantificar los posibles modelos para pronosticar. Además, constituye una

herramienta nueva para la empresa, ya que actualmente las decisiones de compra se toman básicamente utilizando el método de Juicio Bien Informado, por lo cual este trabajo entrega una visión estadística respecto de las decisiones de compra para alcanzar la futura demanda de los clientes.

Luego la precisión en los inventarios incide directamente en los clientes stock de inventarios, ventas pérdidas o faltantes, como también el costo financiero de comprar materiales que están inmovilizados en bodegas.

## **I.2. Discusión bibliográfica**

**De acuerdo a lo señalado por Armando González, Gerente General de Forecast Pro Latinoamérica (software líder para pronósticos de negocios),**

“El pronóstico no es una predicción de lo que irremediablemente pasará en el futuro. Un pronóstico es información con cierto grado de probabilidad de lo que pudiera pasar. La probabilidad de éxito del plan financiero está en función directa de la elaboración de los pronósticos. Dicho de otra forma, el resultado de la planeación y operación de la empresa está directamente ligada a la certeza de los pronósticos”.

**Richard Chase, en su libro “Administración de Operaciones”**

“Indica que los pronósticos son vitales para toda organización de negocios, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planeación corporativa a largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos proporcionan el fundamento para la planeación de presupuestos y el control de costos. El marketing depende del pronóstico de ventas para planear productos nuevos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. El personal de producción y operaciones utiliza los pronósticos para tomar decisiones periódicas que comprenden la selección de procesos, la planeación de las capacidades y la distribución de las instalaciones, así como para tomar decisiones continuas acerca de la planeación de la producción, la programación y el inventario.”

**Por otro lado, Lee J. Krajewski, en su libro “Administración de Operaciones, Procesos y cadenas de valor”**

Señala que la planificación de la capacidad requiere pronósticos de demanda que abarquen un periodo prolongado. Por desgracia, la precisión de los pronósticos disminuye a medida que el horizonte de pronosticación se alarga. Además, la necesidad de prever lo que hará la competencia acrecienta la incertidumbre en los pronósticos de la demanda.

**Buffa y Sarin (1992); Domínguez et al. (1995); y Everett y Ebert (1991).**

“Se puede afirmar, que los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y estos sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones, visualizar de manera aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre y reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes con algún grado de precisión”

### **Lezana, 2006**

"Los pronósticos de ventas son estimaciones sobre las ventas futuras de la empresa para un periodo de tiempo determinado. Al elaborar el pronóstico de ventas generalmente nos permite elaborar el presupuesto de ventas y todos aquellos presupuestos como el de la compra de insumos o mercadería y el de producción.

Al elaborar el pronóstico nos permite saber cuántos productos vamos a producir, cuanto personal se va a requerir, la inversión y los insumos o toda la parte de mercadería; de esa manera alcanzar una gestión más productiva del negocio, haciendo todo el proceso administrativo de la empresa.

Partiendo del hecho de que el volumen de las ventas de una Empresa es un buen predictor de la inversión requerida en activos, decimos que, los pronósticos de ventas son la primera etapa que se debe cubrir para pronosticar requerimientos financieros.

### **I.3. Contribución del trabajo**

Cada vez más empresas están redefiniendo y formalizando el proceso de elaboración de pronósticos para llevar a cabo una mejor planeación de ventas y operación y, por lo tanto, un mejor desempeño financiero. No es nuevo para nadie que el reto es lograr disponibilidad en cantidad necesaria y cuando lo requiere el mercado. Para entregar un mejor nivel de servicio de manera rentable las empresas requieren desarrollar una cultura de predicción y planeación. Cuando se elabora un mal pronóstico, la planeación se viene abajo y todas las áreas de la empresa se vuelven ineficientes. Esto se puede observar directamente en el bajo desempeño financiero de la empresa, Ventas negadas, excesos de inventarios de productos que no requieren los clientes, reducción de margen al vender con descuentos para lograr los objetivos, costos más altos en las compras, producción y/o distribución para reaccionar a emergencias. Pronosticar la demanda con buena exactitud normalmente no es fácil. No existen recetas de cómo hacerlo y cada empresa tiene que determinar la mejor forma de elaborar sus pronósticos. El tema de pronosticar es extenso y requiere de técnicas adecuadas para cada situación.

### **I.4. Objetivo general**

Medir la precisión de los modelos de pronósticos y analizar su incidencia en los costos de la empresa en estudio.

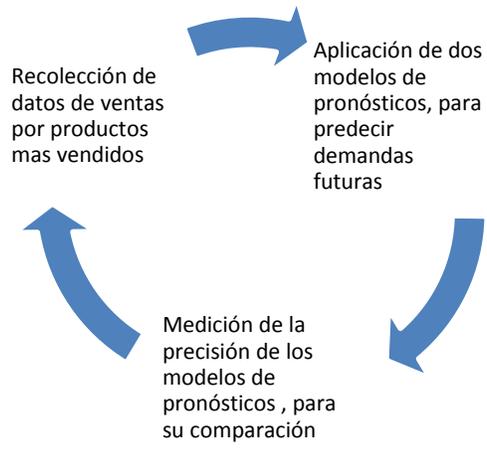
### **I.4.1. Objetivos específicos**

Para dar cumplimiento al objetivo general se plantean a continuación los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar diferentes modelos de pronósticos de demanda.
2. Encontrar a través de un ejemplo práctico las evidencias de los costos asociados a una mala gestión de pronósticos en una empresa.
3. Sugerir líneas de acción para obtener un mejor pronóstico de demanda.

### **I.5. Organización y presentación del Proyecto**

En esta tesis se realizará una presentación general de los métodos de pronósticos conocidos, se consideraran como un ejemplo de análisis las producciones y demandas establecidas por una empresa como ejemplo práctico, con el fin de establecer un método adecuado para la organización en cuestión y contrarrestar con un método inadecuado para así determinar la diferencia real en los costos del ejercicio y comprobar que utilizando un método erróneo en el pronóstico de la demanda de la producción futura, conlleva finalmente a una considerable alza en los costos totales de dicha empresa que se identifica por ejemplo en compras inútiles de insumos.



## **II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO**

### **II.1 Descripción de la organización**

**MASONITE** es una empresa que se dedica a la fabricación de puertas, fundada hace más de 90 años. En la actualidad se consolida como el fabricante más importante de este producto a nivel mundial con actividad comercial con presencia en más de 80 países e instalaciones en los 5 continentes.

La filial Masonite Chile, ubicada en Cabrero, Región del Bío Bío, entró en operaciones en el año 1998 con el fin de atender los mercados de América, en esa tarea se ha transformado en una compañía con principios y valores sólidos que respaldan sus operaciones bajo los estándares más exigentes medio ambientales e innovando en productos y procesos constantemente.

#### **Visión**

Ser el proveedor de excelencia en productos de construcción ante los ojos de nuestros clientes, empleados, accionistas, proveedores y comunidades

#### **Misión**

Ofrecer productos, servicios e innovaciones en el diseño que mejoren la belleza y la funcionalidad, creando así un mayor valor para nuestros clientes en el mundo entero.

#### **Valores Institucionales**

- Cumplir con los compromisos
- Trabajar bien en equipo

- Esfuerzos por un mejoramiento continuo
- Aportar ideas libremente y agregar valor
- Ser positivos y motivadores
- Mostrar flexibilidad y urgencia.

## **II.2 Metodología**

La metodología consiste en la extracción de información que se encuentra de manera implícita en los datos, la cual se prepara, sondea y explora los datos para sacar la información oculta en ellos.

Esta tesis tiene distintas etapas esenciales:

- a.- Comprensión del problema que se quiere resolver.
- b.- Determinación, obtención y análisis de los datos necesarios.
- c.- Validación de los modelos obtenidos.

Se trata de un conjunto de técnicas encaminadas a la extracción de conocimiento procesable, implícito en las bases de datos. Éste está fuertemente ligado con la supervisión de procesos industriales ya que resulta muy útil para aprovechar los datos almacenados en las bases de datos.

Mediante los modelos extraídos se aborda la solución a problemas de predicción, clasificación y segmentación.

El proceso consta de los siguientes pasos generales:

1. **Selección de datos**, tanto en lo que se refiere a las variables objetivo, que son aquellas que se quiere predecir, calcular o inferir, como a las variables independientes o aquellas que sirven para hacer el cálculo o proceso, como posiblemente al muestreo de los registros disponibles.

2. **Análisis de las propiedades de los datos**, diagramas de dispersión, presencia de valores atípicos y ausencia de datos o valores nulos.

3. **Transformación o pre-procesamiento de datos**, se realizará de diversas formas en función del análisis previo, con el objetivo de prepararlo para aplicar las técnicas que mejor se adapten a los datos y al problema.

4. **Seleccionar y aplicar la técnica de datos**, se construye el modelo predictivo, de clasificación o segmentación.

5. **Extracción de conocimiento**, mediante una técnica de datos, se obtiene un modelo de conocimiento, que representa patrones de comportamiento observados en los valores de las variables del problema o relaciones de asociación entre dichas variables. También pueden usarse varias técnicas a la vez para generar distintos modelos, aunque generalmente cada técnica obliga a un pre-procesado diferente de los datos.

**6. Interpretación y evaluación de datos**, una vez obtenido el modelo, se debe proceder a su validación comprobando que las conclusiones que arroja son válidas y suficientemente satisfactorias. En el caso de haber obtenido varios modelos mediante el uso de distintas técnicas, se deben comparar los modelos en busca de aquel que se ajuste mejor al problema.

## **II.3 Descripción del Problema**

### **La relación entre pronósticos y los flujos de caja financiero**

Cualquier pronóstico acerca de los requerimientos financieros implica: determinar qué cantidad de dinero necesitará la empresa durante un periodo específico, determinar qué cantidad de dinero generará la empresa internamente durante el mismo periodo y sustraer los fondos generados de los fondos requeridos para determinar los requerimientos financieros externos.

Es posible obtener un buen panorama de las operaciones de una Empresa a través de tres estados financieros claves: el balance general, el estado de resultados y el estado de flujo de efectivo.

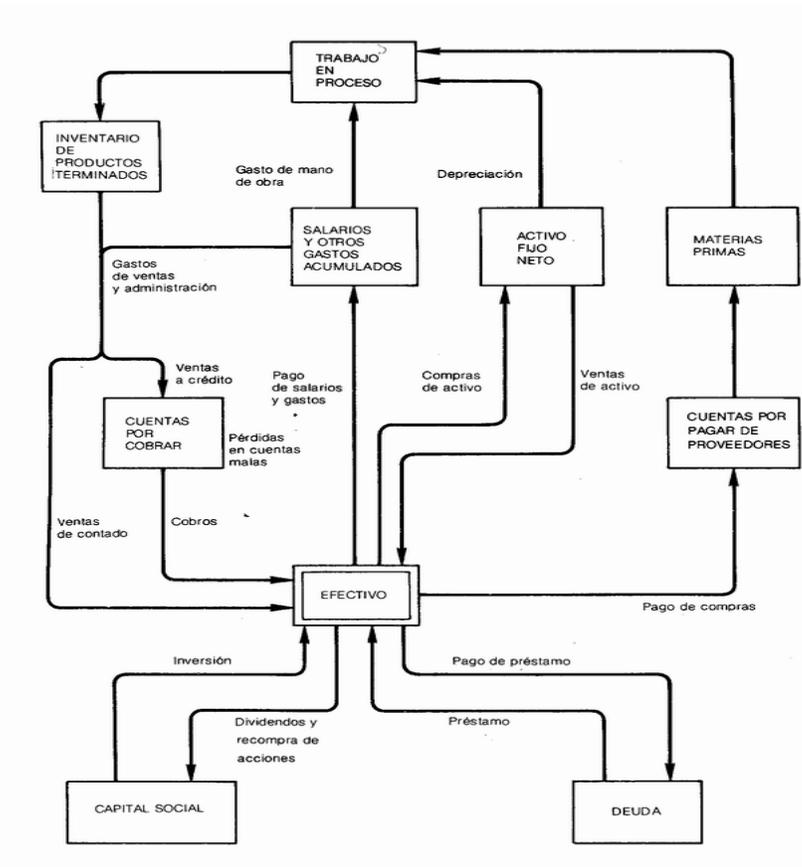
### **Flujo de Caja o Efectivo**

El flujo de efectivo proveniente de las actividades operativas, como: efectivo recibidos de los clientes, efectivos pagados a proveedores y empleados, otros ingresos netos, intereses pagados

e impuestos sobre ingresos pagados, da como resultado el efectivo neto proporcionado para las actividades operativas.

Del flujo de efectivo proveniente de las actividades de inversión, se sustraen los gastos de capital, dando como resultado el efectivo neto usado en las actividades de inversión. Esto, menos los fondos provenientes de la emisión de deudas a largo plazo y dividendos pagados, resulta el incremento neto de efectivo y equivalentes de efectivo del inicio y del final de año.

Figura N° 1: Flujo de Efectivo.



## **II.4 Alcances y Limitaciones**

Esta tesis tiene como alcance Analizar pronósticos de Demanda para la Empresa Masonite, específicamente a la Filial Chile, ubicada en la comuna de Cabrero, VIII región.

Las limitaciones del proyecto son las siguientes:

- Este estudio estará basado solo en la demanda de Puertas modelo Sinfonía Prepintada, que forman parte de la amplia gama de productos que fabrica Masonite.
- Se dispone de información acotada para realizar la tesis, la cual se compone de las ventas dentro de un periodo de tiempo específico.
- Los métodos que se aplicarán solo tendrán utilidad en los productos anteriormente mencionados y en la sucursal que se indica.

### **III. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y OPORTUNIDADES DE MEJORA.**

Se presentan recomendaciones para medir la efectividad del modelo de pronóstico durante el proceso de selección y después de él.

Existe evidencia significativa que un modelo que se ajusta bien a los datos históricos, no necesariamente pronostica bien. ¿Entonces para qué evaluar la precisión de un modelo de pronóstico en función de su capacidad de ajuste a los datos históricos? ¿Existen alternativas para evaluar un modelo en función de su capacidad de pronosticar?

Una de las alternativas es dividir la información en dos conjuntos. El primer conjunto le podemos denominar *datos de control* y utilizarlo para encontrar el mejor modelo de pronóstico. Y al segundo conjunto etiquetarlo como *datos de predicción* y no incluirlos en el análisis inicial. La cuestión es ¿qué cantidad de datos tomar para cada conjunto de información? Por ejemplo si se dispone de 4 años de información histórica divididos en forma mensual, puede tomar los tres primeros años para los *datos de control* y el resto para los *datos de predicción*. O bien dejar los últimos 6 o 3 meses para esta última actividad. Existe una gran variedad de combinaciones que siempre estarán sujetas a las necesidades y resultados esperados de cada organización.

Para los *datos de control*, es necesario seleccionar el modelo de pronóstico que mejor se ajustan a los datos históricos, pero ¿Cuántas formas de medición existen? ¿Todas tienen la misma funcionalidad? ¿El que tiene menor error o el de mayor complejidad y variables? Se sabe que a medida que aumentan las variables en el modelo, el error puede disminuir. Con relación a los *datos de predicción*. ¿Cómo determinar aquél que pronosticó mejor? o ¿qué medida utilizar para este fin? En las siguientes páginas se expondrán alternativas para solucionar estas interrogantes.

### III.1 Medidas de Precisión y Aplicación.

Para cada uno de los escenarios que usted genere es necesario medir el desempeño de ellos mediante indicadores de precisión. Se requiere definir un criterio para la precisión del pronóstico (*datos de predicción*) y otra para la selección del modelo (*datos de control*). No todos tendrán el mismo significado ni el mismo uso, pero ambos están basados en la siguiente fórmula del error ( $e_t$ ):

$$e_t = (Y_t - \hat{Y}_t)$$

Donde  $e_t$  es el error del pronóstico,  $Y_t$  el valor observado o real en el tiempo  $t$  de la serie de tiempo, y  $\hat{Y}_t$  es igual al valor pronosticado en el tiempo  $t$  de la serie de tiempo.

El error también puede ser representado en términos relativos y/o absolutos (%) utilizando la siguiente formulación:

$$ea_t(\%) = \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} * 100$$

O bien expresarlo en forma cuadrática:

$$e_t^2 = (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

En la siguiente tabla se muestran las medidas de error más utilizadas donde  $F_t$  es igual a  $Y_t$ .

Como se puede observar en dicha tabla existen más de 15 herramientas para medir el error del pronóstico y su cantidad complica la selección de la medida de precisión más adecuada para el modelo de predicción. Por ejemplo, si seleccionamos aquellas de errores absolutos en lugar de los cuadráticos, éstos penalizan en mayor medida los errores grandes. La elección dependerá de la importancia que se les dé a los grandes errores. El coeficiente de desigualdad  $U$  de Theil, que no se muestra en la tabla y que se detalla más adelante, presenta una solución para estos escenarios. Si el valor de  $U$  es cercano a cero, supone una predicción perfecta, lo cual es muy difícil que suceda.

Tabla N°1. Medidas de Error de Pronóstico.

Medida de error	Fórmula
MSE Mean Square Error	$Media\{e_t^2\}$
RMSE Root Mean Square Error	$\sqrt{MSE}$
MAE Mean Absolute Error	$Media\{ e_t \}$
MdAE Median Absolute Error	$Mediana\{ e_t \}$
MAPE Mean Absolute Percentage Error	$Media\{ p_t \}$
MdAPE Median Absolute Percentage Error	$Mediana\{ p_t \}$
sMAPE Symmetric Mean Absolute Percentage Error	$Media\left\{2 \cdot \frac{ Y_t - F_t }{Y_t + F_t}\right\}$
sMdAPE Symmetric Median Absolute Percentage Error	$Mediana\left\{2 \cdot \frac{ Y_t - F_t }{Y_t + F_t}\right\}$
MRAE Mean Relative Absolute Error	$Media\{ r_t \}$
MdRAE Median Relative Absolute Error	$Mediana\{ r_t \}$
GMRAE Geometric Mean Relative Absolute Error	$MediaG\{ r_t \}$
ReMAE Relative Mean Absolute Error	$MAE / MAE^*$
ReRMSE Relative Root Mean Squared Error	$RMSE / RMSE^*$
LMR Log Mean Squared Error Ratio	$\log(ReRMSE)$
PB Percentage Better	$100 \cdot Media\{I\{r_t < 1\}\}$
PB(MAE) Percentage Better (MAE)	$100 \cdot Media\{I\{MAE < MAE^*\}\}$
PB(MSE) Percentage Better (MSE)	$100 \cdot Media\{I\{MSE < MSE^*\}\}$

Tabla 1 – Medidas de error de pronóstico. Adaptado de De Gooijer y Hyndman (2005)

Una medida muy utilizada en la práctica de los pronosticadores es el MAPE, pero ésta presenta sesgos que favorece a los pronósticos que están por debajo de los valores reales. Para evitar ese problema, puede utilizarse el sMAPE. Pero éste indicador también tiene los propios, ya que tiene un comportamiento no deseado cuando el valor real o el pronóstico están muy cerca de cero. Otra de las medidas para seleccionar el mejor modelo de pronóstico es el MSE o la RMSE pero a pesar su efectividad probada, y aunque aparece en primer lugar en la Tabla 1, ésta no es muy utilizada entre los pronosticadores.

Con este breve antecedente y la estructura básica del error definida, he dividido las diferentes alternativas de medición del error en tres: a) Medidas de selección y b) Medidas de interpretación, y c) Medidas de precisión. En esta división no se incluyen todas las que aparecen en la mencionada tabla, pero si las más significativas que son producto de más de 15 años de experiencia en el tema y en más de 200 empresas. Como siempre el lector tendrá el último comentario con base en la información que dispone y los datos de la empresa en la que participa.

### **III.1.1 Medidas de Selección**

En el inicio de esta tesis, se sugirió dividir la serie de tiempo de dos partes. Una parte la denominamos *datos de control* y la otra parte se denomina *datos de predicción*. En esta sección haremos referencia a la primera, y con ella encontrar el mejor modelo de pronóstico que presente el mínimo error. Las herramientas que nos ayudan a cumplir este objetivo son:

- **MSE (Mean Square Error):** Es el promedio de los cuadrados de las diferencias de cada artículo en el periodo  $t$  y se utiliza para comparar la precisión entre diferentes métodos o criterios de pronóstico. Según mi experiencia esta medida o la siguiente son las más recomendadas para seleccionar el mejor método de pronóstico.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( Y_t - \hat{Y}_t \right)^2}{n}$$

- **RMSE (Root Mean Square Error):** Esta medida es la raíz del promedio de los cuadrados del error de cada artículo en el periodo  $t$  y también se utiliza para comparar la precisión de diferentes métodos de pronóstico. La diferencia con la anterior es que el resultado está en las unidades originales de la información histórica.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \left( Y_t - \hat{Y}_t \right)^2}{n}}$$

### III.1.2 Medidas de Interpretación

- **MdAE (Median Absolute Deviation) ó MAD:** Expresa la exactitud de la diferencia en errores en las mismas unidades de los datos entregados, lo cual ayuda a contextualizar la cantidad del error estimado.

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

- **MPE (Mean Percentage Error):** Es la media del error porcentual. Es una métrica simple, que sirve para ver si el error del pronóstico tiene un sesgo positivo o negativo. También se dice que el pronóstico está subestimado o sobrestimado.

$$MPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right)}{n}$$

Ambas formas de error incrementan el costo y reducción en la utilidad, por lo que entre más cercano a cero es mejor. Un pronóstico sobre estimado puede generar: exceso de inventario, sobre costos, rechazos por obsolescencia, costos por mermas, entre otros. Un pronóstico subestimado puede producir: reducción en los niveles de servicio, costo por pérdida de ventas, incremento en el costo por el reprocesamiento de órdenes, entre otros.

- **MAPE (Mean Absolute Percentage Error):** Es la media de los errores porcentuales en valor absoluto, no considera el signo del error sólo la magnitud. El MAPE es una de las medidas más utilizadas a nivel mundial, pero no se recomienda para la selección de un método de pronóstico puesto que ésta presenta sesgos que favorece a los pronósticos que están por debajo de los valores reales.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n}$$

**WMAPE (Weighted Mean Absolute Percentage Error):** Es el MAPE ponderado por el peso de las ventas, compras o servicios ofrecidos. Es un indicador muy recomendado ya que la ponderación del total minimiza los efectos de productos con grandes variaciones pero con poco impacto en los valores reales. De todas formas, presenta los mismos problemas que el MAPE.

$$WMAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} * Y_t}{\sum Y_t}$$

### III.1.3 Medidas de Precisión

En esta sección se hace referencia a la segunda porción de información denominada *datos de predicción* que se describe anteriormente. Recuerde que tenemos que probar que tan efectivo fue el modelo o los modelos seleccionados para pronosticar. En seguida se muestran varias alternativas para evaluar la efectividad del modelo seleccionado para pronosticar tales como el FA (forecast accuracy), el coeficiente *U* de Theil, el AIC y el BIC. La selección dependerá siempre de los resultados esperados en la organización y de la experiencia del planeador.

### ***FA (forecast accuracy)***

La forma más común de medir la precisión de un pronóstico (*forecast accuracy*) es comparar los resultados del pronóstico contra los valores reales del siguiente periodo. El objetivo es encontrar valores cercanos a 1 para emitir juicios favorables sobre el modelo de pronóstico seleccionado. La fórmula utilizada para este efecto es:

$$FA \text{ (forecast accuracy)} = 1 - e_{t,a}(\%)$$

Aun cuando ésta es la una de las medidas más utilizada entre los pronosticadores, sólo se recomienda utilizarla en el corto plazo (no más de tres periodos) ya que existen otros criterios que nos pueden ayudar a encontrar cuál modelo pronostica mejor a periodos más largos. Recuerde que si el modelo seleccionado se ajustó muy bien a los datos históricos no necesariamente es igual de efectivo en el momento de pronosticar.

### ***U de Theil***

El coeficiente de desigualdad  $U$  de Theil es otra medida que permite analizar la efectividad del modelo seleccionado en la predicción. Recuerde que las medidas de errores absolutos en lugar de los cuadráticos, suelen presentar sesgos y éstos últimos penalizan en mayor medida los errores grandes. La elección dependerá de la importancia que se les dé a los grandes errores. El coeficiente de desigualdad  $U$  de Theil presenta una solución para estos escenarios. Si el valor de  $U$  es cercano a cero, supone una predicción perfecta.

Su formulación está basada en la diferencia cuadrática que existe entre las tasas de crecimiento de la variable real y la estimada.

Este coeficiente se puede utilizar para evaluar la efectividad del pronóstico a mediano plazo

$$U_t = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y_{t-1})^2}}$$

### ***AIC (Akaike Information Criterion)***

Esta herramienta penaliza la complejidad del modelo tomando en cuenta el número de variables y se utiliza para seleccionar el mejor modelo dentro del conjunto de los mismos datos. Los métodos de Box & Jenkins tiene esta característica, ya que utilizan valores reales y anteriores de la variables independiente para producir pronósticos precisos a corto plazo. La solución dada por Akaike es elegir como función de pérdida (o criterio de especificación) el mínimo del criterio de información.

$$AIC = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} * \exp\left(\frac{2 * k}{n}\right)$$

$\sum_{t=1}^n e_t$

### ***BIC (Bayesian Information Criterion)***

El criterio BIC de Schwarz penaliza con mayor intensidad modelos más complejos y con mayor número de variables, por lo que se dice que es más consistente. Por el contrario el criterio de Akaike es asintóticamente eficiente, ya que a medida que aumenta el número de variable su eficiencia para medir la efectividad de la precisión no mejora.

La eficiencia asintótica tiene que ver con la hipótesis de que la realidad es mucho más *complicada que cualquier modelo considerado* por lo que, al aumentar el número de observaciones también debiera aumentarse el número de modelos en el conjunto considerado. Póler et al (2007).

$$BIC = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} * n^{\frac{k}{n}}$$

Tanto en el criterio AIC y el BIC,  $k$  son el número de variables del modelo,  $n$  número de observaciones y  $e_t$  el error de pronóstico en el período  $t$ . Cuando se utilizan estos criterios, se selecciona el modelo que presenta el valor más pequeño.

#### **III.1.4 Otros criterios de evaluación**

Si bien la precisión es una cualidad importante en la selección de un modelo de pronóstico, no es la única que a considerar en la selección y evaluación de un

modelo de pronóstico. Las características de la información como: 1) El tamaño o el horizonte de tiempo de los datos históricos, 2) el comportamiento de la información y 3) el tipo de relación del pronóstico también deben considerarse en la elección.

El horizonte de tiempo limita la búsqueda del modelo. Algunos modelos se utilizan para calcular pronósticos a corto plazo (de uno a tres meses) como los modelos de atenuación exponencial. Los modelos de descomposición y ARIMA son útiles para el mediano plazo, mientras que los econométricos funcionan bien a mediano y largo plazo.

El comportamiento de la información también es útil para limitar la búsqueda del modelo. Por ejemplo si los datos históricos presentan estacionalidad no todos los modelos de pronóstico tienen esta funcionalidad. Winters o Box & Jenkins serían los más recomendables.

Por último existen tres tipos de relaciones que limitan también esta búsqueda: 1) Si la serie es única y el pronóstico se obtiene a partir de su propio pasado, 2) Si la serie es no causal y el pronóstico se obtiene a partir de otras bases históricas, y 3) Si la serie es causal en donde los pronósticos son obtenidos a partir de otras variables que están relacionadas causalmente.

Se recomienda, si se busca seleccionar el modelo que mejor ajusta a sus datos históricos, no use el MAPE, ni el WMAPE estos son indicadores de interpretación relativos y tienden a presentar sesgos. El MSE o la RMSE presentan mejores resultados para dicho efecto. Al seleccionar un modelo de pronósticos compare precisión contra pertinencia y no olvide el costo que esto representa. Recuerde que no siempre los modelos más complicados son más precisos que los más simples y por lo general menos costosos. Tal vez no posea un criterio único

para juzgar la selección de un modelo en ciertas situaciones, en cualquier caso es necesario contar con varios de ellos y siempre dependerán de lo que se va a pronosticar y de la experiencia del pronosticador.

Dependiendo del uso que se le dé en la empresa a las predicciones a corto, a medio y a largo plazo, la importancia del horizonte de predicción debe ser tomada en cuenta a la hora de definir un criterio de selección de modelos. Es posible que sea más adecuado un modelo de pronóstico que tenga menor efectividad en el corto y mayor al mediando plazo y viceversa.

### **III.2 Identificación cuantitativa de problemas**

Los pronósticos abordan un dilema con el que autores se contraponen, algunos afirman que “No es posible planear el futuro con base en el pasado” y otros señalan “No conozco ninguna otra forma de juzgar el futuro, que con el pasado”

El principal interés es el poder predecir la demanda del consumidor para nuestros productos o servicios, para lo cual se requieren estimaciones a largo plazo de la demanda global, o cálculos a más corto plazo de la demanda de cada tipo de producto en particular, y para el caso de artículos específicos que formen parte de cada uno de los productos se requerirán estimaciones aún más detalladas.

En los ámbitos empresarial, económico y político, la predicción y el pronóstico tienen diversos significados. En la administración de operaciones adoptaremos una definición más bien específica del pronóstico y lo distinguimos del concepto más amplio de predicción.

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

La predicción es un proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos provenientes del pasado, estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada.

Tal como lo establecen estas definiciones, los pronósticos sólo pueden hacerse cuando se dispone de una historia con datos del pasado, pero que pasa cuando se lanza un nuevo producto al mercado y no se dispone de historia, como no se disponen de datos del pasado para estimar las ventas del primer año, se requiere de una predicción y no del pronóstico.

Existen muchos métodos diferentes para pronosticar, los cuales van asociados a diferentes usos, por esto se debe seleccionar con cuidado el método de pronóstico nuestro uso particular. Cabe señalar que no existe un método universal para pronosticar en todas las situaciones y escenarios.

Aunque existen muchos tipos de pronósticos, se concentrará en los pronósticos de demanda que pueden emplearse en la función operativa. Siempre que la demanda no se encuentre restringida por la capacidad de la planta o por alguna política administrativa, el pronóstico de demanda será el mismo que el de ventas.

.

El pronóstico es un dato para cualquier tipo de planeación y control de las empresas, tanto dentro como fuera de la función de operaciones. El marketing se vale del pronóstico para planear productos, promociones y precios. En finanzas, se usa como información para la planificación financiera. Sin embargo, este capítulo hace hincapié en los pronósticos para la función de operaciones, donde con frecuencia se emplean como un dato para las decisiones sobre diseño de procesos, sobre la planeación de la capacidad productiva y sobre inventarios.

En las actividades de diseño de procesos, el pronóstico se usa para definir el tipo de proceso y el grado de automatización que debe emplearse. Si se pronostica una demanda baja, el diseño del proceso podría tener un flujo intermitente de productos y poca automatización. Cuando el pronóstico revela que la demanda será alta, podría justificarse un proceso de línea con mayor automatización. Como el producto y el proceso se seleccionan a menudo en forma simultánea, el marketing podría preparar un pronóstico, con el objeto de definir la selección del producto, que podría entonces ser usado por operaciones para la selección y diseño del proceso. Tal pronóstico de mercado debe, por lo general, abarcar varios años futuros y prepararse con un nivel de confianza razonable.

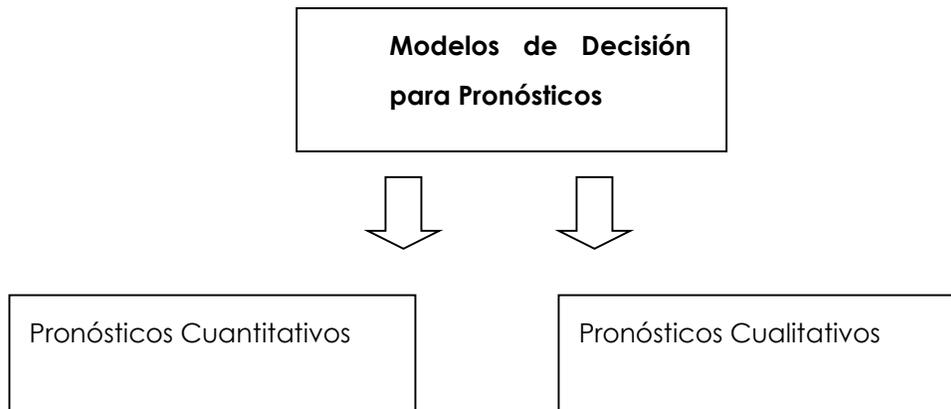
En las decisiones sobre capacidad de producción, se utiliza el pronóstico a varios y distintos niveles de precisión y agregación. Para la planeación de la capacidad total de las instalaciones, se necesita un pronóstico a largo plazo proyectado a varios años. En las decisiones de capacidad a plazo medio que se extienden hasta el año siguiente o algo así, se necesita un pronóstico más detallado y clasificado por línea de productos con el objeto de definir los planes de contratación, las subcontrataciones y las decisiones de equipo. El pronóstico a plazo medio, además de ser más detallado, debe también de ser posible, ser más exacto que el pronóstico a largo

plazo. Las decisiones sobre capacidad productiva a corto plazo incluyen la asignación de la mano de obra disponible y de las máquinas a los trabajos o actividades que hayan de realizarse en el futuro cercano. Los pronósticos asociados a corto plazo deben ser detallados en lo que respecta a productos individuales y deben ser altamente exactos.

Las decisiones de inventarios que desembocan en acciones de compra tienden a ser a corto plazo y en términos de productos específicos. Los pronósticos que conducen a estas decisiones deben reunir los mismos requisitos que los pronósticos de programación de actividades a corto plazo: deben poseer un alto grado de exactitud y especificarse por producto individual. En las decisiones de inventario y de programación de actividades, debido a la cantidad de artículos que suelen estar involucrados, será también necesario producir un gran número de pronósticos. Por ello, puede ser necesario disponer de un sistema computarizado de pronósticos para el estudio de esta clase de decisiones.

### III.3 Enfoques para Pronósticos

Figura N°2. Modelos de decisión para Pronósticos



Modelos Matemáticos	Aspectos subjetivos
Datos Históricos	Intuición , emociones, experiencias
	Sistema de valores

**III.3.1 Los Métodos Cualitativos de Pronósticos** son los que se basan en el juicio administrativo; en estos métodos no se usan modelos específicos. Así distintas personas pueden usar el mismo método cualitativo y llegar a pronósticos completamente diferentes. Sin embargo, son útiles en aquellas situaciones en que se carece de datos o cuando los datos históricos no son predictores confiables del futuro. Cuando este es el caso, el tomador de decisiones puede utilizar los mejores datos disponibles y un enfoque cualitativo para llegar a un pronóstico. Algunos de los métodos cualitativos más conocidos son la técnica Delphi, las encuestas de mercado, la analogía del ciclo de vida y el juicio bien informado.

**III.3.2 Los Métodos Cuantitativos de Pronósticos** son dos: Modelos de series de tiempo y modelos causales.

La suposición en la que se fundamentan todos los métodos cuantitativos consiste en que los datos históricos y el patrón que siguen son predictores contables del futuro, en el cual los datos históricos se procesan mediante un modelo de series de tiempo o un modelo causal para llegar a un pronóstico.

*Los métodos por series de tiempo* se utilizan para análisis detallados de los patrones de la demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones a futuro. Una de las suposiciones básicas de todos los métodos por series de tiempo, es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y error. Cuando se suman los componentes (o en algunos casos se multiplican), serán iguales a la serie de tiempo original.

La estrategia básica que se utiliza en los pronósticos por series de tiempo, es identificar la magnitud y la forma de cada uno de los componentes basándose en los datos disponibles. Estos componentes (con excepción del componente aleatorio), se proyectan hacia el futuro. Si sólo queda un componente aleatorio pequeño y el patrón persiste en el futuro, se obtendrá un pronóstico confiable.

El método más simple para el pronóstico por series de tiempo es el método del promedio móvil. En este método se supone que la serie de tiempo tiene sólo un componente de nivel y un componente aleatorio. No se presupone la presencia de patrones de estacionalidad, tendencias ni componentes de ciclos en datos de la demanda. Sin embargo, las versiones más avanzadas del promedio móvil pueden inducir a todos los demás componentes.

Unas de las desventajas del promedio móvil ponderado es que debe utilizarse toda la historia de la demanda de los periodos N junto con el cálculo. Además, la respuesta de un promedio móvil ponderado no puede cambiarse con facilidad sin alterar cada uno de los pesos específicos. Para resolver estas dificultades, se ha desarrollado el método de suavización exponencial.

La suavización exponencial se basa en la idea de que es posible calcular un promedio nuevo a partir de un promedio anterior y también de la demanda más recientemente observada.

Se desarrolló hace algunos años el sofisticado método Box-Jenkins para el pronóstico por series de tiempo. Esta técnica tiene una fase especial para la identificación del modelo y permite un análisis más preciso de lo que es posible con los demás modelos. El método Box-Jenkins requiere de aproximadamente 60 periodos de datos del pasado y su uso resulta demasiado costoso.

En resumen los métodos por series de tiempo son útiles para los pronósticos a corto o mediano plazo cuando se espera que el patrón de demandas permanezca estable. Los pronósticos por series de tiempo son con frecuencia insumos para decisiones que se relacionan con la planeación de producción agregada, presupuestos, asignación de recursos, inventarios y programación.

*Los métodos causales de pronósticos* desarrollan un modelo de causa y efecto entre las demandas y otras variables. Se pueden recolectar datos sobre estas variables y llevar a cabo un análisis para validar el modelo propuesto. Uno de los métodos más conocidos es la Regresión.

*Los Modelos de Pronósticos por Series de Tiempo* tienen nivel, tendencia, estacionalidad y error aleatorio. Cada uno de estos conceptos se estima con datos del pasado, y así poder desarrollar una ecuación que se utilizará para pronosticar la demanda futura.

### **Promedio móvil**

Para el cálculo del promedio móvil se selecciona un número dado de Periodos  $N$ , después se calcula la demanda promedio para los periodos  $N$  del pasado al momento  $t$ .

Se supone que la serie de tiempo es horizontal, por lo que el mejor pronóstico para el periodo  $t + 1$  es simplemente una continuación de la demanda promedio observada a lo largo del periodo  $t$ . De esta manera se obtiene:

Cada vez que se calcula  $t+1 F$ , la demanda más reciente se incluye en el promedio y se quita la observación de la demanda más antigua. Este procedimiento mantiene un número  $N$  de periodos de demanda dentro del pronóstico y permite que el promedio se mueva conforme se observan los datos de las nuevas demandas.

Se entiende que mientras más largo sea el período en que se hace el promedio, más lenta será la respuesta ante los cambios en la demanda, por lo tanto, los periodos más largos tienen la ventaja de dar estabilidad a los pronósticos. Sin embargo, tiene la desventaja de responder con mayor lentitud a los cambios verdaderos en el nivel de demanda. El analista y la velocidad de respuesta al seleccionar una compensación apropiada entre la estabilidad y la velocidad de respuesta al seleccionar la longitud de  $N$  que la longitud de  $N$  que se utilizará para el promedio.

Una manera de hacer que el promedio móvil responda con mayor rapidez a los cambios de la demanda, es colocar un peso relativo superior sobre la demanda reciente en vez de hacerlo sobre la demanda más antigua. Esto se denomina promedio móvil ponderado y se calcula como sigue:

$$\hat{X}_t = \sum_{i=1}^n C_i * X_{t-1}$$

$\hat{X}_t$	Promedio de ventas en unidades en el período $t$
$\Sigma$	Sumatoria de datos
$C_i$	Factor de ponderación
$X_{t-1}$	Ventas o demandas reales en unidades de los períodos anteriores a $t$
$n$	Número de datos

En la Suavización Exponencial Simple, como en el caso de los promedios móviles, se supone que la serie de tiempo es plana, que no tiene ciclos y que no existen componentes de estacionalidad ni tendencia. Entonces, los pronósticos de suavización exponencial para el siguiente periodo, serán simplemente el promedio obtenido hasta el período actual.

En este caso el pronóstico también elimina un periodo del promedio suavizado.

Se puede sustituir la relación anterior en la ecuación para obtener la siguiente ecuación:

$$\hat{x}_t = \hat{x}_{t-1} + (\alpha \cdot (x_{t-1} - \hat{x}_{t-1}))$$

$$\alpha = \frac{2}{n + 1}$$

Para efectos académicos suele proporcionarse el factor de suavización, sin embargo en la práctica éste es comúnmente hallado de la forma descrita arriba.

---

$\hat{X}_t$	Promedio de ventas en unidades en el período $t$
-------------	--

---

$\hat{x}_{t-1}$	Pronóstico de ventas en unidades del período $t-1$
-----------------	--

---

$X_{t-1}$	Ventas reales en unidades en el período $t-1$
-----------	---

---

$\alpha$	Coefficiente de suavización (entre 0,0 y 1,0)
----------	---

En ocasiones esta forma alterna de suavización exponencial simple (o de primer orden) es más fácil de usar que la ecuación debido a que utiliza pronósticos en lugar de promedios.

### III.3.3 Otras técnicas para determinar mejores pronósticos

Cuando se utiliza la suavización exponencial, ya sea que se trate de una suavización simple o de una más sofisticada, debe calcularse una estimación del error de pronóstico junto con el promedio suavizado. Esta estimación del error se puede utilizar para varios propósitos:

1. Para fijar inventarios o capacidad de seguridad y garantizar así el nivel deseado de protección contra la falta de inventario.
2. Para observar indicadores de demandas erráticas que deben evaluarse con cuidado para quizás eliminar datos fuera de rango.

3. Para determinar cuándo el método de pronóstico no representa ya la demanda actual y es necesario volver a partir de cero.

Las últimas dos aplicaciones se describen a continuación con mayor detalle.

En el trabajo de pronóstico, una medida de uso común para determinar el error de pronósticos la desviación absoluta promedio o MAD (*mean absolute deviation*).

La MAD se define de la siguiente manera:

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

Donde  $F$  es el valor absoluto del error en el período  $t$  y  $n$  es el número de periodos que se utilizan en la suma.

La expresión anterior es simplemente el error promedio observado, sin considerar su signo positivo o negativo, entre todos los periodos pasados de pronóstico. La MAD es similar a la desviación estándar, con excepción de que no se obtiene el cuadrado de los errores de cada periodo ni se saca la raíz cuadrada de la suma. En lugar de eso se suman las desviaciones absolutas y se obtiene un promedio.

El segundo uso de *MAD* radica en el hecho en el hecho de determinar si el pronóstico va de acuerdo con los valores reales por series de tiempo. Para determinar esto, se calcula una señal de rastreo como sigue:

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

Señal de rastreo =  $TS$  = suma acumulada de la desviación del pronóstico.

La señal de rastreo es, por lo tanto, un cálculo de la tendencia en el numerador dividida entre la estimación más reciente de *MAD*. Si se supone que las variaciones en la demanda son aleatorias, entonces los límites de control de  $\pm 6$  en la señal de rastreo se aseguran que solo en una probabilidad máxima de un 0.03 dichos límites serán excedidos por casualidad. De esta manera, cuando la señal de rastreo pasa de  $\pm 6$ , debe detenerse el método de pronóstico y volver a observar la demanda e igualarla de manera más exacta.

En los sistemas de pronóstico computarizado resulta extremadamente importante incorporar controles de error del tipo señal de rastreo. Esto asegurará que el sistema no corra fuera de control. En lugar de que ocurra lo anterior, se notifica al usuario cuando se detectan datos tendenciosos en la demanda o cuando la señal de rastreo se vuelve demasiado grande.

### *La Inferencia*

Para estimar un modelo indicado seguiremos la metodología para estimar series de tiempo desarrollada por Hendry, incorporando el concepto de exogeneidad de una variable respecto del Proceso Generador de Datos de la variable endógena u objetivo. Esta metodología parte por estimar un modelo AR-X sobredimensionado que cumpla con dos requisitos básicos en los errores estimados que se distribuyan normalmente (lo cual se testea mediante un test de Jarque-Bera en los residuos), y que no presenten autocorrelación serial de ningún orden (lo cual se testea mediante test LM o Ljung-Box sobre los residuos, para todos los rezagos comprendidos entre 1 y un número suficiente grande, generalmente 12). Lo anterior es necesario porque un requisito de consistencia de los parámetros estimados es que los errores sean independientes temporalmente. Además, se puede testear que los errores no presenten heterocedasticidad tipo ARCH (mediante un test de, Ljung- Box para los residuos al cuadrado) para verificar que los errores se distribuyan

idénticamente, aunque la heterocedasticidad no incide en la consistencia de los parámetros estimados pero si en la eficiencia (varianza) de los estimadores.

Una vez que se tiene el modelo sobredimensionado que cumple estos requisitos se inicia un proceso de eliminación de las variables que no sean significativas, generalmente hasta en un 10 o 15% (lo cual se observa en los p-values que aparecen asociados a cada parámetro estimado), dependiendo del número de observaciones que se tenga (si se tiene pocas es mejor tener un mayor nivel de significancia de corte), eliminando una por una y en primer lugar las menos significativas. Cada vez que se elimina una variable no significativa es necesario volver a realizar los test de hipótesis de normalidad y Autocorrelación, o bien cada cierta cantidad de variables no significativas eliminadas. Este chequeo es necesario puesto que tanto el proceso de eliminación como el modelo final reducido al que se quiere llegar se basan en test de hipótesis que asumen independencia en los errores.

No obstante lo anterior, es recomendable realizar el proceso de eliminación utilizando siempre una matriz de covarianzas consistente con autocorrelación de Newey-West (lagtruncation = 3), la cual permite E-Views en estimaciones mediante MCO.

Una vez que se tiene el modelo reducido (hasta que la última variable tenga una significancia o p-value menor a un 10 o 15%) se realiza el último chequeo de normalidad y no autocorrelación sobre los errores, y si éstos cumplen estos requisitos entonces se tiene el modelo final estimado. También es necesario realizar algún test de especificación. Un test de especificación permite testear si el modelo no presenta variables relevantes omitidas (lo cual hace que los parámetros estimados sean inconsistentes), tiene una forma funcional incorrecta (si el supuesto de linealidad del modelo se cumple o no), o si existe

correlación entre las variables explicativas y el error (lo cual invalida el método MCO utilizado). El test que generalmente se utiliza para esto es el test de Ramsey (generalmente incluyendo los valores estimados del modelo de la variable dependiente al cuadrado, y posteriormente al cuadrado y cubo).

Adicionalmente, con el modelo-final estimado se pueden realizar test de hipótesis para un conjunto de los parámetros estimados, los cuales pueden hacerse mediante los estadísticos Wald.

### *La Proyección*

Dependiendo del mix de variables explicativas  $X$  que se quiera utilizar, se pueden tener varios modelos estimados. Si el propósito de la estimación es realizar una buena proyección fuera de muestra (a futuro) entonces va a ser necesario dos cosas:

1. Verificar, dentro de muestra, cuál es el mejor modelo para predicción (el que ofrezca el menor error de predicción, utilizando algún criterio estadístico).
2. Darse supuestos sobre el desenvolvimiento futuro de las variables explicativas  $X$ . En este punto vale la pena anotar que no necesariamente el modelo estimado con mayor  $R^2$  es aquel que ofrecerá la mejor proyección, debido a que un modelo estimado con un alto  $R^2$  no solo recoge la dinámica de mediano y largo plazo que existen entre las variables sino también tiende a recoger la dinámica más circunstancial de corto plazo, la cual es casi imposible que se vuelva a repetir nuevamente de manera exacta, y realiza proyecciones en función de esta dinámica. Por otro lado, un modelo estimado con un bajo  $R$  tampoco es de gran ayuda para proyectar debido a que casi no recoge la dinámica inherente entre las variables de interés.

### III.4 Elección del modelo de Predicción

Es primordial hacer algunos tests de estabilidad de parámetros a los modelos estimados para saber si cumplen los requisitos mínimos para ser utilizados en proyección. Un test de estabilidad de parámetros permite verificar que los parámetros que hemos estimados no han cambiado bruscamente a lo largo del tiempo. Esta estabilidad es necesaria si se quiere utilizar toda la historia de la muestra para realizar proyecciones a futuro.

Existen dos tests principales que deben utilizarse en conjunto: el test CUSUM y el test CUSUM-cuadrado, que testean estabilidad mediante los residuos.

Solo aquellos modelos estimados que pasen los 2 tests de estabilidad de parámetros deben ser utilizados para realizar proyecciones. El siguiente paso es, entonces, discriminar el mejor modelo de proyección entre aquellos que pasaron la etapa anterior.

Para realizar esto, es necesario, manteniendo la estructura de cada modelo estimado, realizar una nueva estimación con un número menor de observaciones, dejando algunas observaciones libres al final de la muestra (al menos unas 6). Con la estimación realizada con el menor número de observaciones se debe realizar una proyección de aquellos valores que se dejaron libres al final de la muestra. Al comparar estas proyecciones con las observaciones reales de la muestra se pueden obtener errores de proyección que servirán para construir algunos estadísticos. Entre los estadísticos que se puede construir y utilizar están: el error cuadrático medio de la proyección, y el estadístico U de Theil (ambos estadísticos se pueden obtener de E-Views manipulando correctamente el tamaño de la muestra y utilizando la opción

"Forecast" dinámico).

Aquel modelo con el menor error cuadrático medio de proyección y el menor U de Theil puede considerarse como el mejor modelo, entre los candidatos, para realizar proyecciones fuera de muestra.

### *Proyecciones a Futuro*

Views permite realizar proyecciones puntuales a futuro mediante la opción Forecast dinámico. Para esto es necesario, en el caso de tener un modelo AR-X, ingresar los valores futuros que van a tomar las variables X dentro del modelo, las cuales se pueden obtener aplicando algún supuesto de comportamiento a las mismas. Una vez que se tienen ingresados los valores futuros de las variables X, se puede obtener las proyecciones a futuro para la variable dependiente.

### **III.5 Oportunidades de mejora**

Probablemente los pronósticos no van a ser exactos y que además la desviación de los pronósticos tiene un costo implícito, ya sea que fueron altos o bajos respecto a la realidad.

Lo fundamental en los pronósticos es ser consistente y lograr la menor desviación respecto a los objetivos:

III.5.1.- Pronosticar por arriba de la demanda tiene entre sus consecuencias exceso de inventario, obsolescencia, reducción de margen para promover su venta.

III.5.2.-Pronosticar por debajo de la demanda tiene entre sus consecuencias comprar y producir más caro algo que no estaba planeado, incluso pérdida de venta y margen si no reaccionamos a tiempo.

Posteriormente, cuando se haga la evaluación de diferentes métodos de pronóstico, necesitaremos una medida para conocer la efectividad.

Existen varias medidas para determinar los errores de pronóstico, las principales son dos:

**El Error en el Pronóstico** es la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la demanda real. Evidentemente, un método cuyo resultado contiene grandes errores de predicción es menos deseable que el que implica menos errores. Lo ideal sería que esta suma sea igual a cero.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Demanda pronosticada} - \text{Demanda real})_i}{n}$$

**El Sesgo** nos indica la tendencia direccional de los errores de predicción. Si el procedimiento de predicción sobreestima constantemente la demanda actual, el sesgo tendrá un valor positivo; si la subestimación muestra una tendencia constante, entonces el sesgo tendrá un valor negativo.

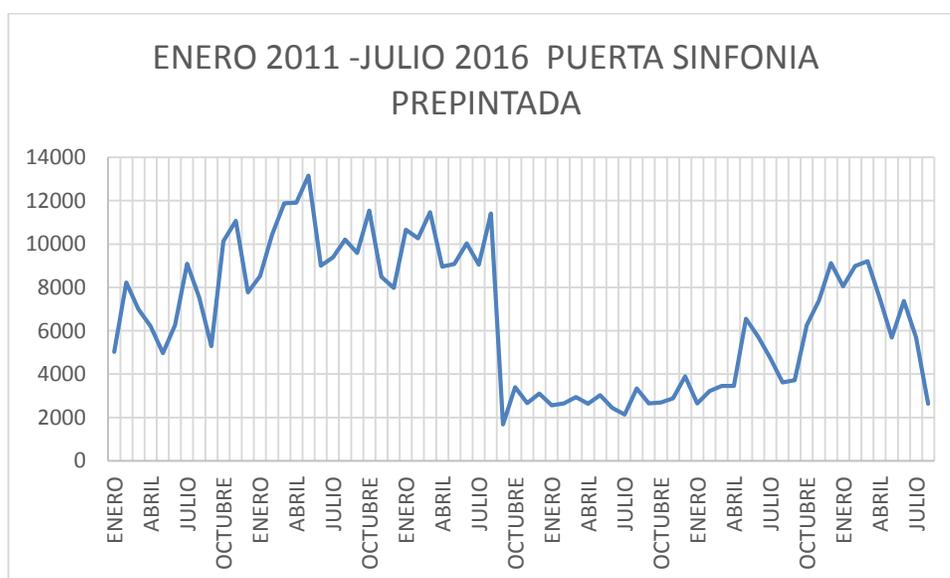
$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Suma de errores algebraicos para todos los periodos}}{\text{Número Total de periodos evaluados}}$$

## IV.INGENIERIA DEL PROYECTO

### IV.1 Análisis de la tendencia por producto

Mediante el gráfico de tendencia se estudia el período Enero 2011 – Julio 2016. Al aplicar a la venta agregada mensual que permite aislar y visualizar la componente de tendencia, se observa que no existe una tendencia marcada en el tipo de puerta Sinfonía Prepintada.

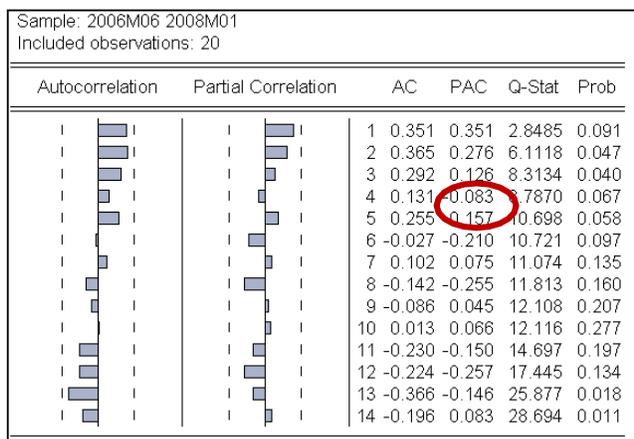
Gráfico N°1. Tendencia 76SP1C9BB000AC0 Puerta Sinfonía Prepintada



### IV.2 Pronóstico agregado según venta histórica

Contando únicamente con información de las ventas históricas, se busca un modelo de pronóstico que siga una estructura determinada y que apoye la proyección actual que se realiza según el Market-share (participación de mercado) y la consulta directa a clientes (en especial ante variaciones de precio). Se selecciona el periodo junio 2006 a enero 2008, ya que presenta un patrón de tendencia sostenido que, como se analiza en el punto siguiente (d), es similar al periodo actual.

Figura N°3. Correlograma periodo 2006 -2008



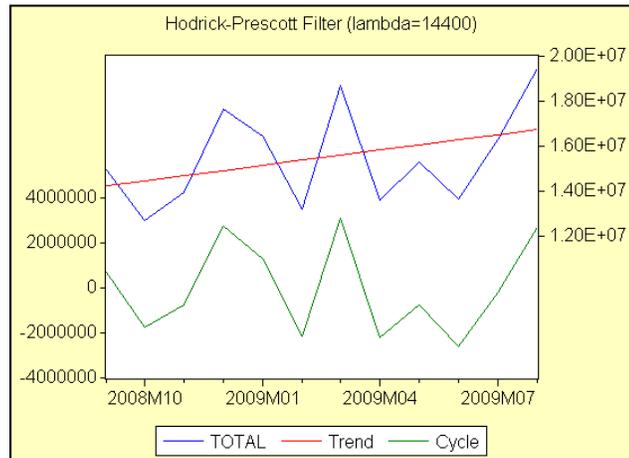
Del análisis previo en (b), se incorpora un término autorregresivo no estacional, para el periodo de orden 4, debido a que el coeficiente de auto correlación parcial se hace negativo en el cuarto rezago. También, se incluye el efecto negativo en las ventas de septiembre dado que se tienen menos días hábiles por fiestas patrias y se utiliza un término MA(12) que recoge información de los residuos de 12 meses atrás según su media móvil, es decir, lo que sucedió hace un año afecta lo que sucederá hoy. Finalmente, se propone un modelo de estructura similar a un ARMA (caso particular de las series ARIMA) para el periodo:

$$\text{Demanda Agregada} = \text{Media móvil de los residuos}(12) + \text{Autorregresivo}(4) + \text{Tendencia} + \text{Constante} + \text{Septiembre}$$

### IV.3 Análisis del periodo actual

Aplicando lo anterior, se realiza idéntico análisis para el período septiembre 2008 - agosto 2009, caracterizado por una venta muy inestable y reducida, debido a la crisis económica que se hizo notoria a partir de septiembre 2008, pero que contiene una tendencia marcada como el periodo anteriormente en estudio. El siguiente gráfico refleja lo señalado:

Gráfico N°2. Tendencia periodo 2008-2009 según filtro de Hodrick-Prescott



Si bien se propone una estructura muy similar la regresión del periodo antes estudiado, se observó en el Correlograma, adjunto en anexo, que el coeficiente de autocorrelación tiende más pronto a cero, por lo que el término autorregresivo es de un orden inferior. Además, se utiliza un término de media móvil de los residuos de orden 4, debido a que se reduce el intervalo de estudio. El modelo propuesto para el periodo sigue la siguiente estructura:

$$\text{Demanda Agregada} = \text{Media móvil de los residuos}(4) + \text{Autorregresivo}(5) + \text{Tendencia} + \text{Constante}$$

Finalmente, el modelo obtiene un  $R^2$  de 0,89 y un error promedio agregado de un 10% promedio en el periodo mientras que la empresa un 14% de error. Se sugiere pronosticar la demanda agregada con apoyo de un modelo que siga la estructura de regresión estudiada, ya que existen patrones definidos de tendencia y autocorrelación, por lo que la demanda no debería estar fuera de un intervalo definido. Por otra parte, el modelo no incluye perturbaciones como la importación dentro del mercado nacional, precio y la consulta directa a

clientes, información no disponible para el análisis realizado, pero que sí posee el Área de Ventas. El gráfico y tabla que reflejan lo anterior, se muestra a continuación.

Gráfico N°3. Comparación de error de estimación

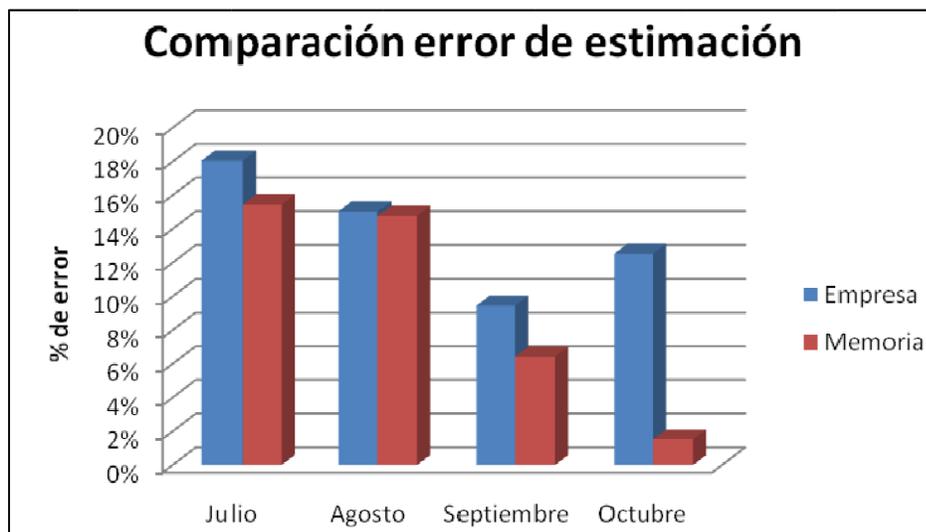


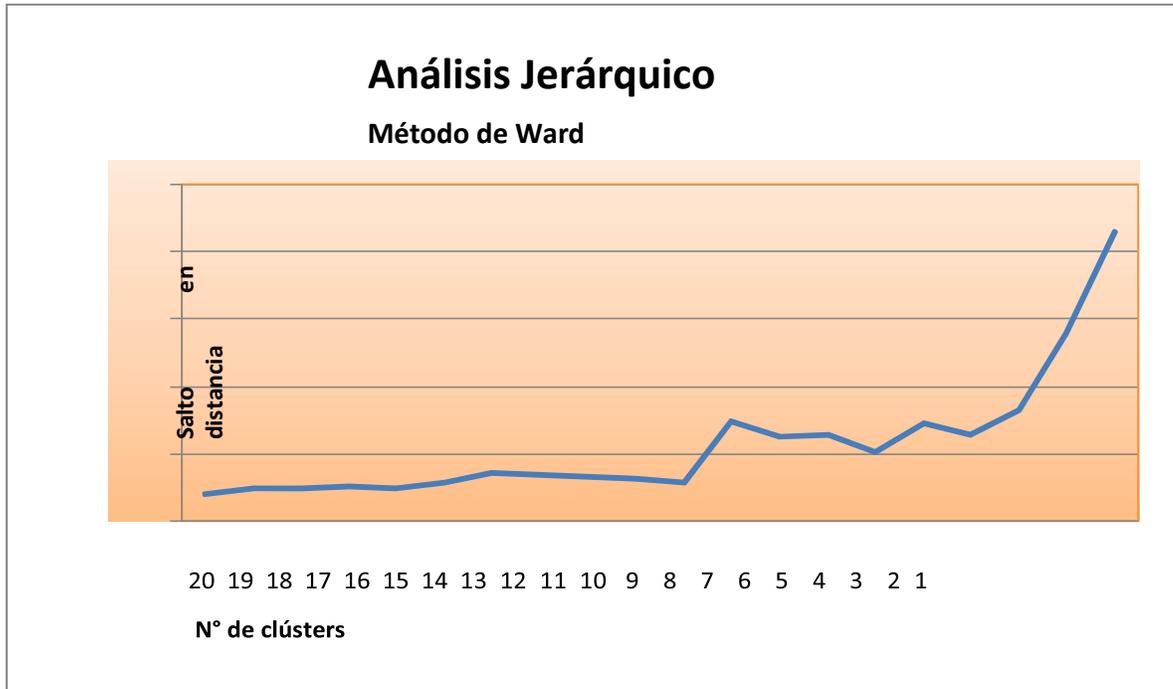
Tabla N°2. Tabla errores de pronóstico.

Error de Pronóstico	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Empresa	18%	15%	9%	13%
Memoria	15%	15%	6%	2%

#### **IV.4 Caracterización de los productos**

Con el objeto de disminuir el número de SKU's que analizar (99 en total) se aplican Técnicas de segmentación. Para ello se utilizan las variables de venta, presencia en Pedidos y margen de cada producto. Los datos son estandarizados para eliminar el riesgo de que algunas variables pesen más que otras en la segmentación. En primer lugar, se realiza una segmentación jerárquica utilizando el programa computacional SPSS mediante el método de Ward, con el fin de determinar el número de clúster a utilizar en la posterior segmentación no jerárquica, el resultado indica que una cantidad aproximada de 3, 4 o 5 clúster puede ser la adecuada de acuerdo al número de líneas se cortan si se traza una vertical en el dendograma (adjunto en anexo) Corroborando lo anterior, se aplica la regla del codo graficando el "salto" (distancia final- distancia inicial) que tiene el coeficiente de distancia entre los conglomerados. Del gráfico se observa que los mayores saltos en distancias se registran con 9 y 3 conglomerados. Sin embargo, a partir del 4 clúster se tiene un crecimiento sostenido de la distancia, es decir, los clúster se hacen más distintos entre ellos.

Gráfico N°4. Análisis Jerárquico, con salto de distancia entre conglomerados.



## **V. PROPUESTA DE MODELOS DE PRONOSTICOS**

Para el desarrollo de esta tesis, se propone utilizar modelos cuantitativos, para llegar a establecer la exactitud de uno solo, los que se serian:

- Promedio Móvil
- Modelo de Suavizamiento Exponencial
- Modelo de Regresión Lineal

Se debe considerar que la empresa debe disponer de la siguiente información al momento de seleccionar un modelo:

- Datos exactos del periodo en estudio
- Personal adecuado y calificado para realizar el pronostico
- Presupuesto necesario

Se procederá a realizar la proyección de la demanda, con el estudio de los tres modelos propuestos (promedio móvil simple, suavizamiento exponencial y regresión lineal) y la evaluación del error de cada pronóstico con el cálculo del MAD (desviación media absoluta) y MAPE (desviación porcentual).

Se eligieron estos modelos para el estudio, puesto que existe información acotada para realizar análisis, y también considerando sus diferentes Ventajas y Desventajas.

El Promedio Móvil, para su cálculo, se selecciona un número de periodos, después se calcula la demanda promedio para esos periodos. Dentro de sus ventajas, este método da Importancia a datos recientes, es Óptimo en patrones de demanda nivelados y en

periodos más largos, entrega respuestas más certeras. La desventaja es que su horizonte de proyección es corto.

En el Suavizamiento Exponencial se calcula el promedio de una serie de tiempo que busca ajustar los pronósticos en dirección opuesta a las desviaciones del pasado mediante un coeficiente de suavización que varía entre 0,0 y 1,0. Sus Ventajas son que funciona con pocos registros de periodos anteriores y le da más importancia a la demanda reciente. Además, por ser exponencial, puede ser preciso en sus resultados. Su desventaja es que frente a cambios sistemáticos hacen más elevado el error de pronóstico.

La Regresión Lineal es un modelo que se utiliza para aproximar la relación de dependencia entre variables. Las ventajas son que establece relaciones directa o inversa entre variables e indica líneas de tendencias del objeto en estudio. Sus desventajas son que puede generar confusión cuando las variables no tengan relación entre ellas (según la lógica) y se requiere gran cantidad de datos para obtener resultados confiables.

Dentro de los métodos de precisión del error, los que se utilizaran en este estudio son MAD y MAPE, los cuales fueron elegidos puesto que presentan datos más claros y exactos al ser en unidades y porcentajes, respectivamente.

La MAD es una medición promedio del error del pronóstico en valor absoluto.

La MAPE es la media de los errores porcentuales en valor absoluto, considerando sólo la magnitud del error, no su signo.

## V.1 Periodos de Proyección

Para este estudio se consideraron los datos históricos de los periodos de Enero del año 2011 a Julio del año 2016.

La información histórica con la que se realiza el pronóstico es la siguiente:

Tabla N°3 Datos Históricos Anuales 1ª Puerta más vendida

AÑO	Unidades Vendidas Puerta cod. 76SP1C9BB000AC0
2011	88563
2012	122086
2013	91770
2014	33883
2015	59919
2016	82627

Tabla N°4 Datos Históricos Anuales 2ª Puerta más vendida

AÑO	Unidades Vendidas Puerta cod. 76SP1D9BB000AC0
2011	21815
2012	31934
2013	28317
2014	11698
2015	21079
2016	16671

Tabla N°5 Datos Históricos Anuales 3ª Puerta más vendida

AÑO	Unidades Vendidas Puerta cod. 76SP1E9BB000AC0
2011	20664
2012	30958
2013	25407
2014	10586
2015	18762
2016	24993

Fuente: Masonite.

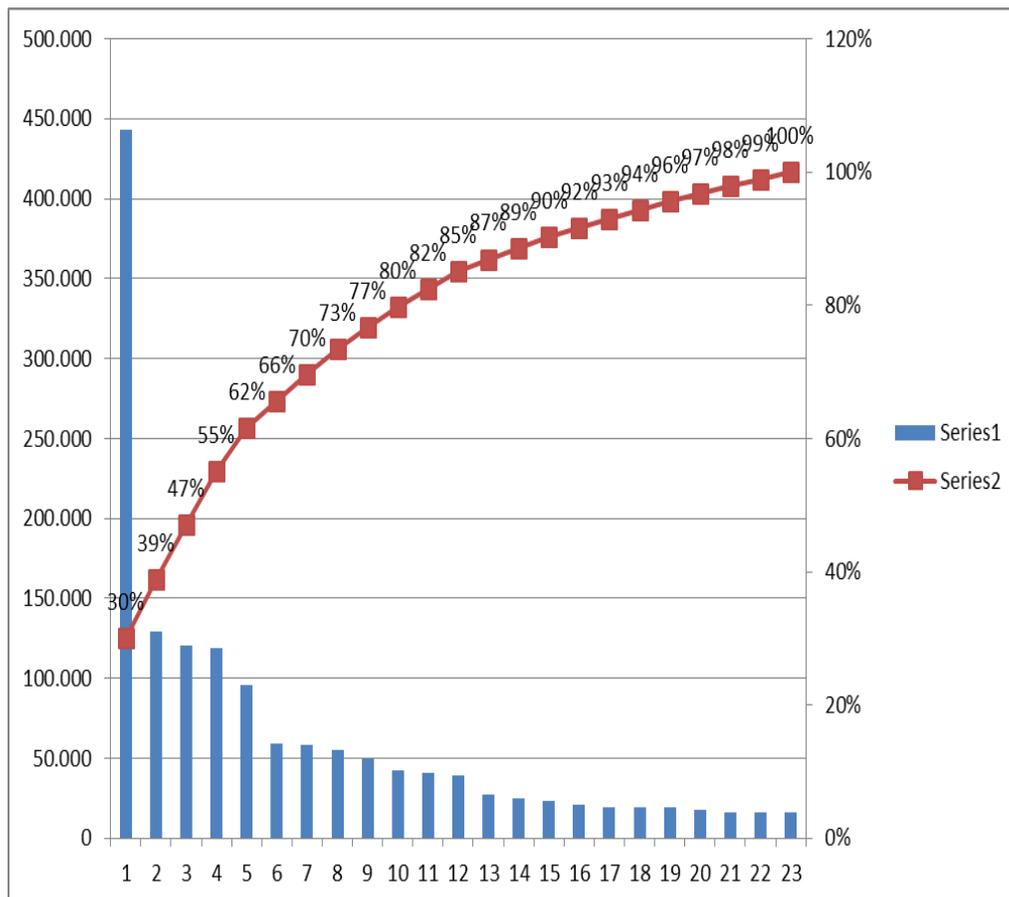
El gráfico de Pareto que se expone a continuación nos muestra la magnitud de ventas de cada puerta de la empresa en estudio de acuerdo a su importancia y significancia en el total de ventas anuales, en donde:

“1” corresponde a la puerta código 76SP1C9BB000AC0

“2” corresponde a la puerta código 76SP1D9BB000AC0

“3” corresponde a la puerta código 76SP1E9BB000AC0

Gráfico N°5. Pareto Masonite

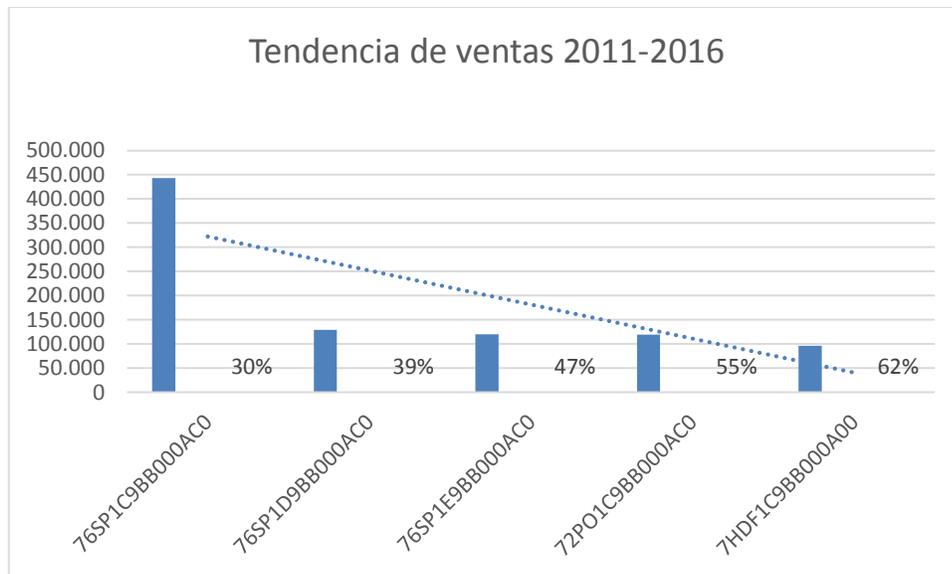


## VI. RESULTADOS

### VI.1 Análisis de Información

Con la información recolectada en la empresa en estudio, referente a la tendencia de ventas de puertas del periodo Enero 2011- Julio 2016, que se explica en el gráfico a continuación, se consideraron para esta tesis, solo las tres puertas más vendidas y se eligió la puerta top n°1 en ventas de esta empresa para la demostración de la teoría.

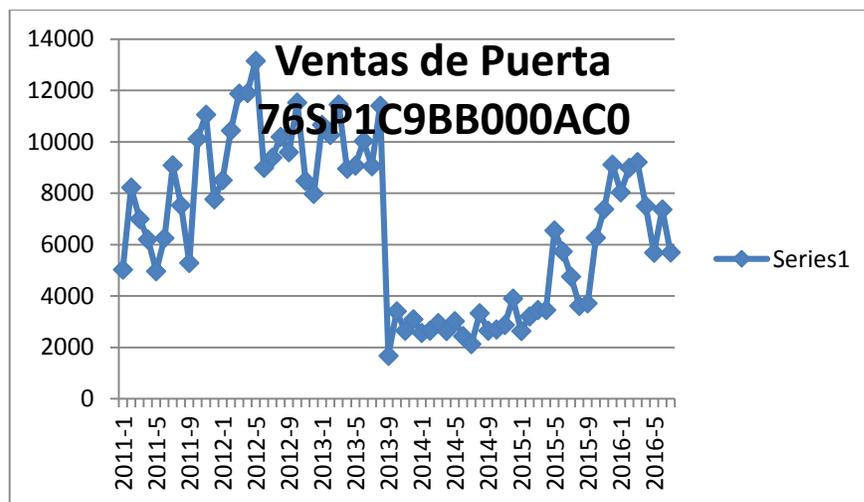
Gráfico N°6. Tendencia de Ventas 2011-2016. Fuente: Masonite.



Se obtuvieron los siguientes resultados.

- En la relación al comportamiento de ventas de la Puerta Sinfonía Prepintada código 76SP1C9BB000AC0, se presenta una inestabilidad y fuerte caída de demanda en estos productos, puesto que durante el periodo de junio a septiembre de 2013 la empresa Masonite, perdió a uno de sus clientes más importantes del mercado, la empresa SODIMAC.

Gráfico N°7. Tendencia de Ventas Puerta Código 76SP1C9BB000AC0



Ante esta situación, se decidió analizar esta tendencia de ventas sin considerar dicho periodo, ya que se lograron recuperar y mantener nuevamente un nivel de ventas en forma lineal.

El modelo de pronóstico de demanda que se seleccionó para analizar este comportamiento de ventas fue el Promedio Móvil, Regresión Lineal y Suavizamiento Exponencial. Para determinar los errores se usó MAD y MAPE.

El Promedio Móvil se elige porque nos permite suavizar la volatilidad del mercado y observar su verdadera tendencia. Una desventaja es que

dependiendo la cantidad de datos utilizados, sea muy acotada o muy amplia, puede afectar en la reacción de estos frente a los cambios de tendencia del mercado y nos puede entregar falsos resultados.

La Regresión Lineal nos indica la tendencia de crecimiento o disminución de los datos proporcionados y su valor entregado ( $R^2$ ) nos señalará el buen ajuste de la línea respecto a la información de ventas y su confiabilidad. La desventaja de usar este modelo es que solo nos indica una relación entre variables, si bien podemos obtener predicciones respecto al comportamiento de una de ellas, estas no siempre están relacionadas y podrían generar confusiones.

El Suavizamiento Exponencial es un método efectivo cuando se cuenta con acotada información respecto al histórico de ventas, y aun así nos puede proporcionar datos reales considerando los datos más recientes por sobre los más antiguos. También, al ser un modelo exponencial es más preciso en sus resultados.

### ***Datos para cálculos***

Para la realización del cálculo con los métodos señalados, se cuenta con la siguiente información de ventas de la Puerta Sinfonía Prepintada código 76SP1C9BB000AC0.

Tabla N°6 Ventas Mensuales Puerta Sinfonía Código 76SP1C9BB000AC0.

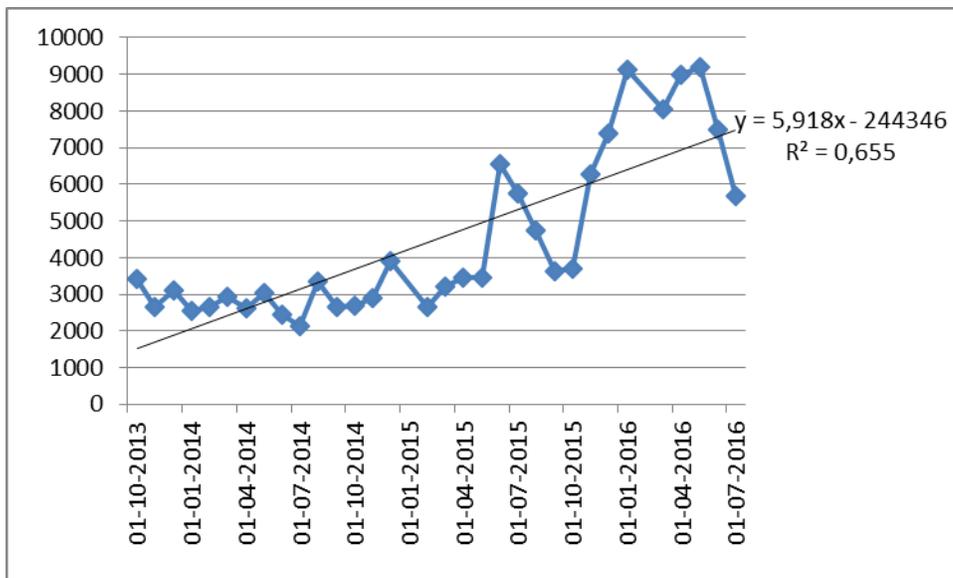
AÑO	VENTAS DE PTA 76SP1C9BB000AC0
2011-1	5034
2011-2	8225
2011-3	6997
2011-4	6209
2011-5	4975
2011-6	6252
2011-7	9092
2011-8	7534
2011-9	5287
2011-10	10127
2011-11	11068
2011-12	7763
2012-1	8515
2012-2	10443
2012-3	11880
2012-4	11911
2012-5	13152
2012-6	8998
2012-7	9388
2012-8	10199
2012-9	9596
2012-10	11539
2012-11	8490
2012-12	7975
2013-1	10665
2013-2	10270
2013-3	11465
2013-4	8958
2013-5	9078
2013-6	10032
2013-7	9051
2013-8	11413

2013-9	1675
2013-10	3404
2013-11	2659
2013-12	3100
2014-1	2565
2014-2	2650
2014-3	2948
2014-4	2638
2014-5	3030
2014-6	2444
2014-7	2133
2014-8	3338
2014-9	2655
2014-10	2700
2014-11	2882
2014-12	3900
2015-1	2647
2015-2	3216
2015-3	3457
2015-4	3455
2015-5	6551
2015-6	5736
2015-7	4755
2015-8	3617
2015-9	3715
2015-10	6265
2015-11	7390
2015-12	9115
2016-1	8045
2016-2	8992
2016-3	9215
2016-4	7510
2016-5	5686
2016-6	7377
2016-7	5700

### **Cálculo Regresión Lineal**

El cálculo de la Regresión Lineal en este estudio, nos determinara si la tendencia en ventas de la puerta es ascendente o descendente y si los datos proporcionados son representativos en la tendencia.

Gráfico N°8. Cálculo Regresión Lineal puerta código 76SP1C9BB000AC0



De acuerdo al resultado obtenido, su R2 nos indica que un 65,5% de las variaciones en las ventas es por las variaciones en el mercado.

### **Cálculo Promedio Móvil**

El promedio móvil se obtiene con la siguiente fórmula:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

Donde

$F_t$  es la demanda pronosticada para el período  $t$

At la demanda real para el período  $t$ . En el caso:

At 1=5034.-

At 2=8225.-

At 3=6997.-

La constante o parámetro  $n$  determina el número de períodos a promediar, en este caso es 3.-

La resolución será la siguiente:

$$F_t = \frac{5034 + 8225 + 6997}{3}$$

$$F_t = 6752.-$$

El valor obtenido se ubicará en la fila correspondiente a la demanda tercer periodo en una columna nueva, la cual denominamos "Promedio móvil".

Así continuamos con el cálculo hasta los últimos tres periodos.

Con estos resultados, se crea una nueva columna que denominamos "Pronostico", en donde situamos los datos con un lugar de desfase, lo anterior es con la finalidad de que con ambas columnas de datos, podamos comparar y calcular mediante la diferencia, el error en el pronóstico versus la demanda real del producto en estudio.

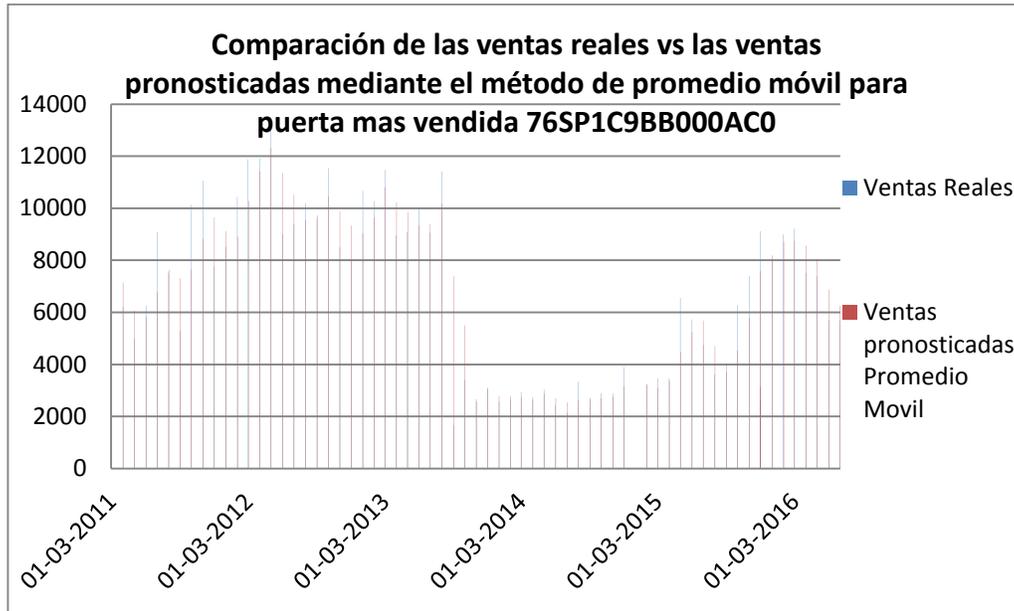
Figura N°4. Resultados Promedio Móvil código 76SP1C9BB000AC0.

PERIODO	VENTAS 76SP1C9BB000AC0	METODO PROMEDIO MOVIL	PRONOSTICO	ERROR	ABSOLUTO ERROR
2016-7	5700	6254	6858	-1176	1176
2016-8		5693	6254		

<b>MAD</b>	1435
<b>MAPE</b>	28,64%

Los resultados que se presentan en la Figura N°4 nos indican que de acuerdo al pronóstico realizado con el método de promedio móvil, tenemos una desviación absoluta media (MAD) de 1435 unidades, lo cual no está lejano a la realidad por ser un número alto de diferencias mensuales de estos productos, considerando que es el tipo de puerta más producido con mayor cantidad de ventas. En el siguiente gráfico se aprecia comparación de ventas reales y ventas pronosticadas con este método.

Gráfico N°9. Comparación de ventas reales y pronosticas con Promedio Móvil para puerta código 76SP1C9BB000AC0.



### ***Cálculo de Método Suavizamiento Exponencial***

Para realizar comparación entre modelos de pronósticos y encontrar el adecuado, también se realizaron cálculos con el modelo de Suavizamiento Exponencial.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$F_t = \underbrace{F_{t-1}}_{\text{Pronóstico del período anterior}} + \alpha \underbrace{(A_{t-1} - F_{t-1})}_{\text{Error del pronóstico del período anterior}}$$

Donde,

$F_t$ = Nuevo pronóstico

$F_{t-1}$ = Pronóstico del periodo anterior, en este caso sería 5034.-

$\alpha$  = constante de suavización =0,1.-

$A_{t-1}$ = demanda real del periodo anterior, igual a 8225.-

$$F_t = 5034 + 0,1 (8225 - 5034)$$

$$F_t = 5353.$$

Figura N°5. Resultados Suavizamiento Exponencial  $\alpha=0,1$ .

PERIODO	VENTAS 76SP1C9BB000ACO	METODO SUAVIZ. EXPONENCIAL	ERROR	ABSOLUTO ERROR
2016-7	5686	6310	8944	8944
2016-8		6248		

MAD	2167
MAPE	49,83%

De acuerdo a estos resultados, aun no se puede determinar cuál modelo presentado es el más adecuado para el pronóstico de ventas, con la información de la puerta n°1 en niveles de ventas, puesto que los errores son más altos que en el modelo aplicado anteriormente, correspondiendo a 2167 unidades de diferencia respecto a la demanda real.

El mismo procedimiento se debe realizar con un alfa igual a 0,3 y 0,7, con la finalidad de determinar con cuál coeficiente se ajusta más el modelo.

Cálculos con  $\alpha=0,3$ .-

$$F_t = 5034 + 0,3 (8225 - 5034)$$

$$F_t = 5991.$$

PERIODO	VENTAS 76SP1C9BB000AC0	METODO SUAVIZ. EXPONENCIAL	ERROR	ABSOLUTO ERROR
2016-7	5686	7146	2389	2389
2016-8		6708		

MAD	1490
MAPE	31,27%

Cálculos con  $\alpha=0,7$ .-

$$F_t = 5034 + 0,7 (8225 - 5034)$$

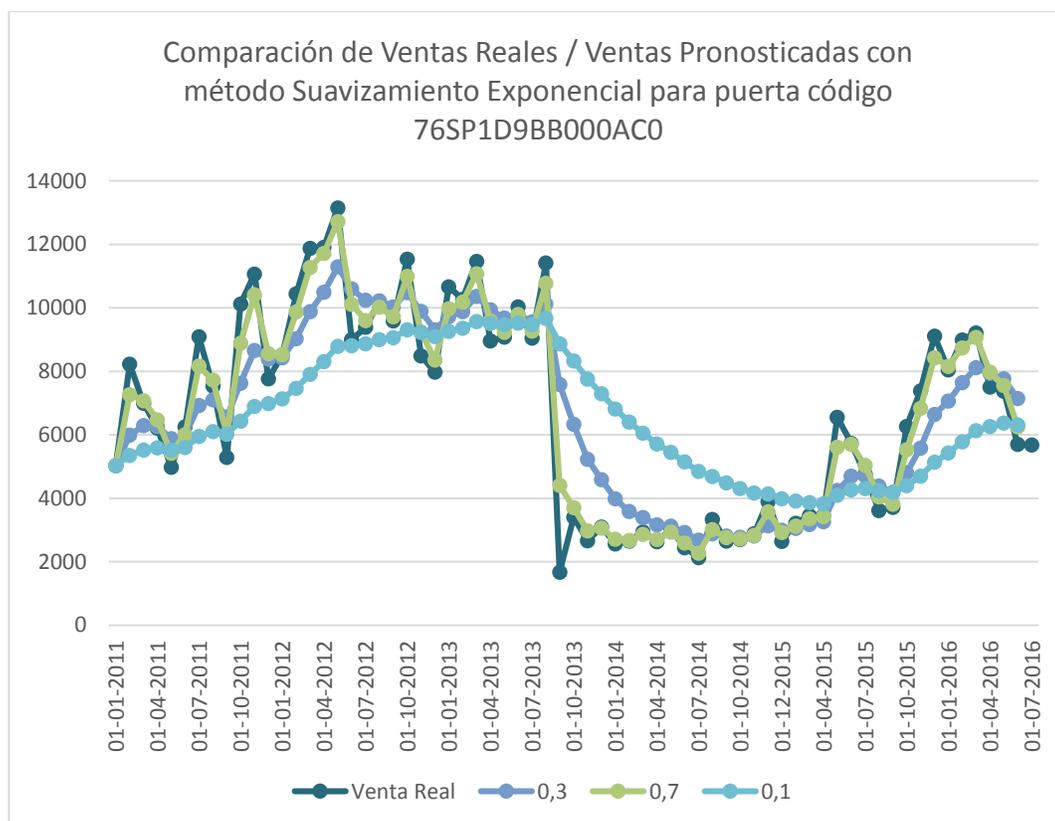
$$F_t = 7268.$$

PERIODO	VENTAS 76SP1C9BB000AC0	METODO SUAVIZ. EXPONENCIAL	ERROR	ABSOLUTO ERROR
2016-7	5686	6257	-2015	2015
2016-8		5857		

MAD	1263
MAPE	25,42%

De acuerdo a los resultados expuestos se puede definir que el modelo Suavizamiento Exponencial con coeficiente de suavización de 0,7 es el más ajustado y preciso en sus resultados con un MAD solo de 1263 en la puerta código 76SP1C9BB000AC0 top de ventas , por tanto nos entrega resultados más cercanos a la realidad de la empresa en estudio.

Gráfico N°10. Comparación de ventas reales y pronosticas con Suavizamiento Exponencial para puerta código 76SP1C9BB000AC0.



## VI.2 Estimación de Costos Asociados a un mal pronóstico.

De acuerdo a los resultados nos podemos percatar que en la Puerta Sinfonía Prepintada Código 76SP1C9BB000AC0 que existe un promedio de error de 1263 unidades de estos productos de acuerdo al resultado proporcionado por el MAD del modelo, podemos realizar la siguiente consideración respecto a los costos asociados.

Estimando que el costo de cada puerta es en promedio US\$23.- podemos determinar lo siguiente:

Figura N°6. Costos Asociados en la empresa.

<b>Unidades adicionales código</b> <b>76SP1C9BB000AC0</b>	1263	<b>valor dólar</b> <b>23/12</b>	672,24
<b>Costo Promedio Unitario</b>	USD 23,00		
<b>Costo Mensual</b> <b>Producción en exceso</b>	USD 29.049,00		
	\$19.527.900		

### VI.3 Otros Costos Asociados

Además del costo que se detalla anteriormente por producir más unidades de las que realmente demandará el mercado, existen otros costos asociados a esto, que se mencionan a continuación.

**Costos de mantener el inventario**, son aquellos costos asociados al resguardo de artículos durante un período de tiempo y son proporcionales a la cantidad promedio de éstos.

**Costos por demanda insatisfecha de los Clientes**, esto sucede cuando no es posible atender la demanda por falta de existencias. Se asocia con la demanda insatisfecha, que sucede cuando no se puede atender al pedido del cliente debido a que no hay existencias en la bodega. Se pueden distinguir dos casos de demanda insatisfecha, que son **Costo de Carencia**, que se refiere a la demanda que se compensara de forma diferida, es decir, será atendida cuando existan existencias. En este caso, el costo asociado al mal servicio a los clientes como el de pérdida de imagen, del trabajo administrativo extra que se produce es bastante difícil de medir y cuantificar. Y el otro es el **Costo de rotura**, que es el costo asociado a la existencia de demanda insatisfecha perdida, es decir que implica la anulación del pedido implicado. La determinación de estos costos son complicados de cuantificar, ya que también considera el costo de que el cliente se pase a la competencia definitivamente, costo por pérdidas de ventas futuras y de imagen como empresa.

#### VI.4 Resultados Generales Puertas Top Ventas

Los métodos estudiados fueron aplicados en la información de ventas de las tres puertas prepintadas modelo Sinfonía que forma parte del top de ventas de la empresa Masonite.

A continuación sus resultados.

MÉTODO APLICADO		PUERTA CÓDIGO 76SP1C9BB000ACO	PUERTA CÓDIGO 76SP1D9BB000ACO	PUERTA CÓDIGO 76SP1E9BB000ACO
REGRESIÓN LINEAL		0,655	0,7673	0,7563
PROMEDIO MÓVIL	MAD	1435	393	362
	MAPE	28,64%	26,47%	25,65%
SUAV. EXPONENCIAL a=0,1	MAD	2167	587	575
	MAPE	49,83%	42,14%	43,96%
SUAV. EXPONENCIAL a=0,3	MAD	1490	413	385
	MAPE	31,27%	28,06%	28,41%
SUAV. EXPONENCIAL a=0,7	MAD	1263	391	332
	MAPE	25,42%	25,09%	23,33%

Figura N°7. Resultados Generales para códigos Top Ventas

## **VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

### **VII.1 Conclusiones**

Los resultados obtenidos con los modelos de pronósticos propuestos presentan una gran exactitud siendo considerados altamente confiables en sus números y ser utilizados para realizar estos cálculos cuando lo requiera la empresa en estudio.

Lo anterior está sujeto a que no exista un cambio en las condiciones internas (empresa) y externas (mercado). Si alguna de estas varía, los pronósticos se alejarán de los valores reales y deberán recalcularse, considerándose esas nuevas condiciones.

Dentro de las ventajas de usar este modelo de pronósticos, es que tiene gran facilidad y rapidez para procesar los datos y obtener resultados, ya que está compuesto de operaciones matemáticas simples y básicas.

Su desventaja es que debemos contar con información anterior importante y que sea relevante para que podamos lograr mayor precisión en el pronóstico.

Finalmente, se evidencia un mayor costo de inventario por productos fabricados y no vendidos, los cuales provocan pérdidas en la organización, reflejadas en el mantenimiento de esta mercadería, seguros asociados e impuestos, obsolescencia, depreciación, así como en el costo de oportunidad (interés sobre capital).

Realizar un buen pronóstico como parte de la estrategia de la empresa, ayudara a Masonite a resolver problemas de Incertidumbre y Variabilidad, ya sea con una demanda más conocida, con tiempos de entrega definidos y con una capacidad de inventarios y reserva mayormente definida.

## **VII.2 Sugerencias**

Una vez analizados los resultados podemos determinar algunas sugerencias que finalmente pueden ser de mucha utilidad para la empresa en estudio, en relación al Inventario, el cual es uno de los factores financieros más importantes y que guarda todos los esfuerzos de manufacturación y adquisiciones de recursos en la organización.

Para realizar un mejor pronóstico de demanda, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las ventas de un periodo “x” no refleja la demanda real, por cuanto, siempre será más efectivo utilizar la información que se refiere a la demanda del periodo, puesto que es lo que indica efectivamente lo que ocurre en el mercado. Esto se explica, en el sentido de que, por ejemplo, en algún periodo se podría haber vendido más por concepto de promociones y ofertas y no porque la demanda del producto haya aumentado, y por lo tanto, al próximo mes esa cantidad de venta será inferior y se producirá un sobre stock si se vuelve a producir la misma cantidad, lo que implica un aumento de costos financieros para la empresa.

- Solicitar información directamente al vendedor principal sobre cantidades. Masonite tiene como gran comprador a Sodimac, y ellos llevan un detalle de sus ventas diarias, semanales, mensuales, etcétera, por lo tanto, el pronóstico será real y con un mínimo de errores, ya que se está considerando los datos efectivos de comportamiento del mercado.
- Llevar un registro histórico de demanda y de los distintos eventos del mismo producto, para identificar el comportamiento de las curvas de sus gráficos, así como son las promociones, diferencias en el tipo de cambio, compras de clientes anticipadas por aumentos de precios, crisis económicas mundiales, en general, todo aquellas situaciones que puedan generar un aumento o disminución de demandas del producto.

Las tres sugerencias anteriormente indicadas conllevaran a la empresa en estudio obtener grandes beneficios en relación a costos y control de inventarios.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Krajewski Ritzman Malhotra. (2008 Octava edición). Administración de Operaciones Procesos y cadena de valor. México: Pearson Educación.

Adela Sierra Guerrero. (2014). Pronóstico de la Demanda. 26-04-2016, de Wikispaces.com Sitio web: [Pronosticos-de-la-demanda.wikispaces.com/file/view/pronosticodelademanda.pdf](http://Pronosticos-de-la-demanda.wikispaces.com/file/view/pronosticodelademanda.pdf)

Richard Chase, Robert Jacobs, Nicholas Aquilano. (2009 Duodécima Edición). Planeación y Control de la Cadena de Suministro. Planeación y Pronóstico de la Demanda. En Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros (466-513). México: Mc Graw Hill.

Guillermo Mendoza Zamora. (2003). Pronosticar y Métodos de Pronóstico. 28/04/2016, de Gestiópolis Sitio web: [www.gestiopolis.com/pronosticar-y-metodos-de-pronostico](http://www.gestiopolis.com/pronosticar-y-metodos-de-pronostico)

Diego Betancourt. (2016). 6 métodos de Pronóstico cuantitativo. 12/05/2016, de Ingenio Empresa Sitio web: [Ingenioempresa.com/métodos-cuantitativos-pronostico-demanda/](http://Ingenioempresa.com/métodos-cuantitativos-pronostico-demanda/)

Ballou, R. (2004 Quinta Edición). Logística Administración de la cadena de suministro. México: Pearson Educación.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Ventas Mensuales 3 puertas top ventas.

MES	76SP1C9BB000ACO	76SP1D9BB000ACO	76SP1E9BB000ACO
01-01-2011	5034	1965	1532
01-02-2011	8225	2002	1566
01-03-2011	6997	1703	2023
01-04-2011	6209	1924	1681
01-05-2011	4975	1658	1764
01-06-2011	6252	1982	1765
01-07-2011	9092	1672	1361
01-08-2011	7534	1411	1462
01-09-2011	5287	1246	1389
01-10-2011	10127	1811	1847
01-11-2011	11068	2244	2182
01-12-2011	7763	2197	2092
01-01-2012	8515	1788	1996
01-02-2012	10443	2189	2209
01-03-2012	11880	2336	2598
01-04-2012	11911	2570	2742
01-05-2012	13152	3102	3026
01-06-2012	8998	2518	2347
01-07-2012	9388	2988	2607
01-08-2012	10199	2949	2456
01-09-2012	9596	2631	2501
01-10-2012	11539	3566	3520
01-11-2012	8490	3114	2556
01-12-2012	7975	2183	2400
01-01-2013	10665	3955	2720
01-02-2013	10270	2795	3034
01-03-2013	11465	3275	2750
01-04-2013	8958	3390	3535
01-05-2013	9078	2526	2745
01-06-2013	10032	2616	2328
01-07-2013	9051	2710	2085
01-08-2013	11413	3536	3150

01-09-2013	1675	655	510
01-10-2013	3404	886	871
01-11-2013	2659	813	798
01-12-2013	3100	1160	881
01-01-2014	2565	815	730
01-02-2014	2650	1092	914
01-03-2014	2948	877	961
01-04-2014	2638	1058	891
01-05-2014	3030	835	959
01-06-2014	2444	760	796
01-07-2014	2133	895	760
01-08-2014	3338	1120	1020
01-09-2014	2655	1102	701
01-10-2014	2700	980	807
01-11-2014	2882	744	985
01-12-2014	3900	1420	1062
01-01-2015	2647	1428	972
01-02-2015	3216	904	896
01-03-2015	3457	1352	1101
01-04-2015	3455	1165	1185
01-05-2015	6551	2257	1831
01-06-2015	5736	2186	2046
01-07-2015	4755	1860	2170
01-08-2015	3617	1395	1336
01-09-2015	3715	1555	1085
01-10-2015	6265	1981	1856
01-11-2015	7390	2397	2251
01-12-2015	9115	2599	2033
01-01-2016	8045	2101	2040
01-02-2016	8992	2716	2589
01-03-2016	9215	2390	2495
01-04-2016	7510	2379	2565
01-06-2016	7377	2659	2506
01-07-2016	5700	2024	1586
	<b>443.060</b>	<b>129.112</b>	<b>120.158</b>

Anexo 2. Cálculo detallado Promedio Móvil puerta código 76SP1C9BB000AC0.

MES	76SP1C9BB000AC0	METODO PROMEDIO MOVIL	PRONOSTICO	ERROR	ABSOLUTO ERROR	MAPE
01-01-2011	5034					
01-02-2011	8225					
01-03-2011	6997	6752,0				
01-04-2011	6209	7143,7	6752,0	-543,0	543,0	8,75%
01-05-2011	4975	6060,3	7143,7	-2168,7	2168,7	43,59%
01-06-2011	6252	5812,0	6060,3	191,7	191,7	3,07%
01-07-2011	9092	6773,0	5812,0	3280,0	3280,0	36,08%
01-08-2011	7534	7626,0	6773,0	761,0	761,0	10,10%
01-09-2011	5287	7304,3	7626,0	-2339,0	2339,0	44,24%
01-10-2011	10127	7649,3	7304,3	2822,7	2822,7	27,87%
01-11-2011	11068	8827,3	7649,3	3418,7	3418,7	30,89%
01-12-2011	7763	9652,7	8827,3	-1064,3	1064,3	13,71%
01-01-2012	8515	9115,3	9652,7	-1137,7	1137,7	13,36%
01-02-2012	10443	8907,0	9115,3	1327,7	1327,7	12,71%
01-03-2012	11880	10279,3	8907,0	2973,0	2973,0	25,03%
01-04-2012	11911	11411,3	10279,3	1631,7	1631,7	13,70%
01-05-2012	13152	12314,3	11411,3	1740,7	1740,7	13,23%
01-06-2012	8998	11353,7	12314,3	-3316,3	3316,3	36,86%
01-07-2012	9388	10512,7	11353,7	-1965,7	1965,7	20,94%
01-08-2012	10199	9528,3	10512,7	-313,7	313,7	3,08%
01-09-2012	9596	9727,7	9528,3	67,7	67,7	0,71%
01-10-2012	11539	10444,7	9727,7	1811,3	1811,3	15,70%
01-11-2012	8490	9875,0	10444,7	-1954,7	1954,7	23,02%
01-12-2012	7975	9334,7	9875,0	-1900,0	1900,0	23,82%
01-01-2013	10665	9043,3	9334,7	1330,3	1330,3	12,47%
01-02-2013	10270	9636,7	9043,3	1226,7	1226,7	11,94%
01-03-2013	11465	10800,0	9636,7	1828,3	1828,3	15,95%
01-04-2013	8958	10231,0	10800,0	-1842,0	1842,0	20,56%
01-05-2013	9078	9833,7	10231,0	-1153,0	1153,0	12,70%
01-06-2013	10032	9356,0	9833,7	198,3	198,3	1,98%
01-07-2013	9051	9387,0	9356,0	-305,0	305,0	3,37%
01-08-2013	11413	10165,3	9387,0	2026,0	2026,0	17,75%
01-09-2013	1675	7379,7	10165,3	-8490,3	8490,3	506,89%

01-10-2013	3404	5497,3	7379,7	-3975,7	3975,7	116,79%
01-11-2013	2659	2579,3	5497,3	-2838,3	2838,3	106,74%
01-12-2013	3100	3054,3	2579,3	520,7	520,7	16,80%
01-01-2014	2565	2774,7	3054,3	-489,3	489,3	19,08%
01-02-2014	2650	2771,7	2774,7	-124,7	124,7	4,70%
01-03-2014	2948	2721,0	2771,7	176,3	176,3	5,98%
01-04-2014	2638	2745,3	2721,0	-83,0	83,0	3,15%
01-05-2014	3030	2872,0	2745,3	284,7	284,7	9,39%
01-06-2014	2444	2704,0	2872,0	-428,0	428,0	17,51%
01-07-2014	2133	2535,7	2704,0	-571,0	571,0	26,77%
01-08-2014	3338	2638,3	2535,7	802,3	802,3	24,04%
01-09-2014	2655	2708,7	2638,3	16,7	16,7	0,63%
01-10-2014	2700	2897,7	2708,7	-8,7	8,7	0,32%
01-11-2014	2882	2745,7	2897,7	-15,7	15,7	0,54%
01-12-2014	3900	3160,7	2745,7	1154,3	1154,3	29,60%
01-12-2015	2647	3143,0	3160,7	-513,7	513,7	19,41%
01-02-2015	3216	3254,3	3143,0	73,0	73,0	2,27%
01-03-2015	3457	3106,7	3254,3	202,7	202,7	5,86%
01-04-2015	3455	3376,0	3106,7	348,3	348,3	10,08%
01-05-2015	6551	4487,7	3376,0	3175,0	3175,0	48,47%
01-06-2015	5736	5247,3	4487,7	1248,3	1248,3	21,76%
01-07-2015	4755	5680,7	5247,3	-492,3	492,3	10,35%
01-08-2015	3617	4702,7	5680,7	-2063,7	2063,7	57,05%
01-09-2015	3715	4029,0	4702,7	-987,7	987,7	26,59%
01-10-2015	6265	4532,3	4029,0	2236,0	2236,0	35,69%
01-11-2015	7390	5790,0	4532,3	2857,7	2857,7	38,67%
01-12-2015	9115	7590,0	5790,0	3325,0	3325,0	36,48%
01-01-2016	8045	8183,3	7590,0	455,0	455,0	5,66%
01-02-2016	8992	8717,3	8183,3	808,7	808,7	8,99%
01-03-2016	9215	8750,7	8717,3	497,7	497,7	5,40%
01-04-2016	7510	8572,3	8750,7	-1240,7	1240,7	16,52%
01-05-2016	7377	8034,0	8572,3	-1195,3	1195,3	16,20%
01-06-2016	5700	6862,3	8034,0	-2334,0	2334,0	40,95%
01-07-2016	5686	6254,3	6862,3	-1176,3	1176,3	20,69%
		5693,0	ERROR=	-2213,3		
			MAD=	1435,1		
			MAPE=	28,64%		

Anexo 3. Cálculo detallado Suavizamiento Exponencial código  
76SP1C9BB000AC0. (a=0,1; a=0,3; a=0,7)

a=		0,1			
MES	76SP1C9BB000AC0	pronostico	ERROR	ABSOLUTO ERROR	MAPE
01-01-2011	5034				
01-02-2011	8225	5034			
01-03-2011	6997	5353	1644	1644	23,49%
01-04-2011	6209	5517	692	692	11,14%
01-05-2011	4975	5587	-612	612	12,29%
01-06-2011	6252	5525	727	727	11,62%
01-07-2011	9092	5598	3494	3494	38,43%
01-08-2011	7534	5948	1586	1586	21,06%
01-09-2011	5287	6106	-819	819	15,49%
01-10-2011	10127	6024	4103	4103	40,51%
01-11-2011	11068	6435	4633	4633	41,86%
01-12-2011	7763	6898	865	865	11,14%
01-01-2012	8515	6984	1531	1531	17,98%
01-02-2012	10443	7137	3306	3306	31,65%
01-03-2012	11880	7468	4412	4412	37,14%
01-04-2012	11911	7909	4002	4002	33,60%
01-05-2012	13152	8309	4843	4843	36,82%
01-06-2012	8998	8794	204	204	2,27%
01-07-2012	9388	8814	574	574	6,11%
01-08-2012	10199	8871	1328	1328	13,02%
01-09-2012	9596	9004	592	592	6,17%
01-10-2012	11539	9063	2476	2476	21,45%
01-11-2012	8490	9311	-821	821	9,67%
01-12-2012	7975	9229	-1254	1254	15,72%
01-01-2013	10665	9103	1562	1562	14,64%
01-02-2013	10270	9260	1010	1010	9,84%
01-03-2013	11465	9361	2104	2104	18,35%
01-04-2013	8958	9571	-613	613	6,84%
01-05-2013	9078	9510	-432	432	4,76%
01-06-2013	10032	9467	565	565	5,64%
01-07-2013	9051	9523	-472	472	5,22%
01-08-2013	11413	9476	1937	1937	16,97%

01-09-2013	1675	9670	-7995	7995	477,29%
01-10-2013	3404	8870	-5466	5466	160,58%
01-11-2013	2659	8324	-5665	5665	213,03%
01-12-2013	3100	7757	-4657	4657	150,23%
01-01-2014	2565	7291	-4726	4726	184,26%
01-02-2014	2650	6819	-4169	4169	157,31%
01-03-2014	2948	6402	-3454	3454	117,16%
01-04-2014	2638	6056	-3418	3418	129,59%
01-05-2014	3030	5715	-2685	2685	88,60%
01-06-2014	2444	5446	-3002	3002	122,84%
01-07-2014	2133	5146	-3013	3013	141,25%
01-08-2014	3338	4845	-1507	1507	45,14%
01-09-2014	2655	4694	-2039	2039	76,80%
01-10-2014	2700	4490	-1790	1790	66,30%
01-11-2014	2882	4311	-1429	1429	49,59%
01-12-2014	3900	4168	-268	268	6,88%
01-12-2015	2647	4141	-1494	1494	56,45%
01-02-2015	3216	3992	-776	776	24,13%
01-03-2015	3457	3914	-457	457	13,23%
01-04-2015	3455	3869	-414	414	11,97%
01-05-2015	6551	3827	2724	2724	41,58%
01-06-2015	5736	4100	1636	1636	28,53%
01-07-2015	4755	4263	492	492	10,34%
01-08-2015	3617	4312	-695	695	19,23%
01-09-2015	3715	4243	-528	528	14,21%
01-10-2015	6265	4190	2075	2075	33,12%
01-11-2015	7390	4398	2992	2992	40,49%
01-12-2015	9115	4697	4418	4418	48,47%
01-01-2016	8045	5139	2906	2906	36,13%
01-02-2016	8992	5429	3563	3563	39,62%
01-03-2016	9215	5786	3429	3429	37,22%
01-04-2016	7510	6128	1382	1382	18,40%
01-05-2016	7377	6267	1110	1110	15,05%
01-06-2016	5700	6378	-678	678	11,89%
01-07-2016	5686	6310	-624	624	10,97%
		ERROR	8944	8944	
		MAD	2167		
		MAPE	49,83%		

a=		0,3			
MES	76SP1C9BB000AC0	pronostico	ERROR	ABSOLUTO ERROR	MAPE
01-01-2011	5034				
01-02-2011	8225	5034			
01-03-2011	6997	5991	1006	1006	14,37%
01-04-2011	6209	6293	-84	84	1,35%
01-05-2011	4975	6268	-1293	1293	25,99%
01-06-2011	6252	5880	372	372	5,95%
01-07-2011	9092	5992	3100	3100	34,10%
01-08-2011	7534	6922	612	612	8,13%
01-09-2011	5287	7105	-1818	1818	34,39%
01-10-2011	10127	6560	3567	3567	35,22%
01-11-2011	11068	7630	3438	3438	31,06%
01-12-2011	7763	8661	-898	898	11,57%
01-01-2012	8515	8392	123	123	1,45%
01-02-2012	10443	8429	2014	2014	19,29%
01-03-2012	11880	9033	2847	2847	23,96%
01-04-2012	11911	9887	2024	2024	16,99%
01-05-2012	13152	10494	2658	2658	20,21%
01-06-2012	8998	11292	-2294	2294	25,49%
01-07-2012	9388	10604	-1216	1216	12,95%
01-08-2012	10199	10239	-40	40	0,39%
01-09-2012	9596	10227	-631	631	6,57%
01-10-2012	11539	10038	1501	1501	13,01%
01-11-2012	8490	10488	-1998	1998	23,53%
01-12-2012	7975	9889	-1914	1914	24,00%
01-01-2013	10665	9315	1350	1350	12,66%
01-02-2013	10270	9720	550	550	5,36%
01-03-2013	11465	9885	1580	1580	13,78%
01-04-2013	8958	10359	-1401	1401	15,64%
01-05-2013	9078	9939	-861	861	9,48%
01-06-2013	10032	9680	352	352	3,50%
01-07-2013	9051	9786	-735	735	8,12%
01-08-2013	11413	9565	1848	1848	16,19%
01-09-2013	1675	10120	-8445	8445	504,16%
01-10-2013	3404	7586	-4182	4182	122,86%
01-11-2013	2659	6332	-3673	3673	138,12%

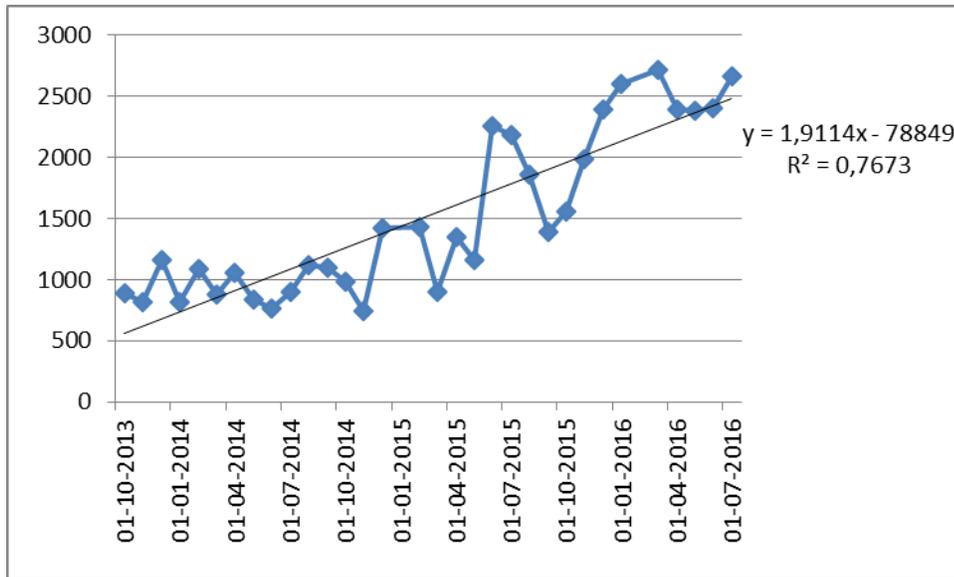
01-12-2013	3100	5230	-2130	2130	68,70%
01-01-2014	2565	4591	-2026	2026	78,98%
01-02-2014	2650	3983	-1333	1333	50,31%
01-03-2014	2948	3583	-635	635	21,55%
01-04-2014	2638	3393	-755	755	28,61%
01-05-2014	3030	3166	-136	136	4,50%
01-06-2014	2444	3125	-681	681	27,88%
01-07-2014	2133	2921	-788	788	36,94%
01-08-2014	3338	2685	653	653	19,58%
01-09-2014	2655	2881	-226	226	8,50%
01-10-2014	2700	2813	-113	113	4,18%
01-11-2014	2882	2779	103	103	3,57%
01-12-2014	3900	2810	1090	1090	27,95%
01-12-2015	2647	3137	-490	490	18,51%
01-02-2015	3216	2990	226	226	7,03%
01-03-2015	3457	3058	399	399	11,55%
01-04-2015	3455	3178	277	277	8,03%
01-05-2015	6551	3261	3290	3290	50,22%
01-06-2015	5736	4248	1488	1488	25,94%
01-07-2015	4755	4694	61	61	1,28%
01-08-2015	3617	4713	-1096	1096	30,29%
01-09-2015	3715	4384	-669	669	18,00%
01-10-2015	6265	4183	2082	2082	33,23%
01-11-2015	7390	4808	2582	2582	34,94%
01-12-2015	9115	5582	3533	3533	38,76%
01-01-2016	8045	6642	1403	1403	17,44%
01-02-2016	8992	7063	1929	1929	21,45%
01-03-2016	9215	7642	1573	1573	17,07%
01-04-2016	7510	8114	-604	604	8,04%
01-05-2016	7377	7933	-556	556	7,53%
01-06-2016	5700	7766	-2066	2066	36,24%
01-07-2016	5686	7146	-1460	1460	25,68%
		ERROR	2389	2389	
		MAD	1490		
		MAPE	31,27%		

a= 0,7					
MES	76SP1C9BB000ACO	pronostico	ERROR	ABSOLUTO ERROR	MAPE
01-01-2011	5034				
01-02-2011	8225	5034			
01-03-2011	6997	7268	-271	-271	-3,87%
01-04-2011	6209	7078	-869	869	14,00%
01-05-2011	4975	6470	-1495	1495	30,05%
01-06-2011	6252	5423	829	829	13,25%
01-07-2011	9092	6003	3089	3089	33,97%
01-08-2011	7534	8165	-631	631	8,38%
01-09-2011	5287	7723	-2436	2436	46,08%
01-10-2011	10127	6018	4109	4109	40,58%
01-11-2011	11068	8894	2174	2174	19,64%
01-12-2011	7763	10416	-2653	2653	34,17%
01-01-2012	8515	8559	-44	44	0,52%
01-02-2012	10443	8528	1915	1915	18,34%
01-03-2012	11880	9869	2011	2011	16,93%
01-04-2012	11911	11277	634	634	5,33%
01-05-2012	13152	11721	1431	1431	10,88%
01-06-2012	8998	12723	-3725	3725	41,39%
01-07-2012	9388	10115	-727	727	7,75%
01-08-2012	10199	9606	593	593	5,81%
01-09-2012	9596	10021	-425	425	4,43%
01-10-2012	11539	9724	1815	1815	15,73%
01-11-2012	8490	10994	-2504	2504	29,50%
01-12-2012	7975	9241	-1266	1266	15,88%
01-01-2013	10665	8355	2310	2310	21,66%
01-02-2013	10270	9972	298	298	2,90%
01-03-2013	11465	10181	1284	1284	11,20%
01-04-2013	8958	11080	-2122	2122	23,68%
01-05-2013	9078	9595	-517	517	5,69%
01-06-2013	10032	9233	799	799	7,97%
01-07-2013	9051	9792	-741	741	8,19%
01-08-2013	11413	9273	2140	2140	18,75%
01-09-2013	1675	10771	-9096	9096	543,05%
01-10-2013	3404	4404	-1000	1000	29,37%
01-11-2013	2659	3704	-1045	1045	39,30%

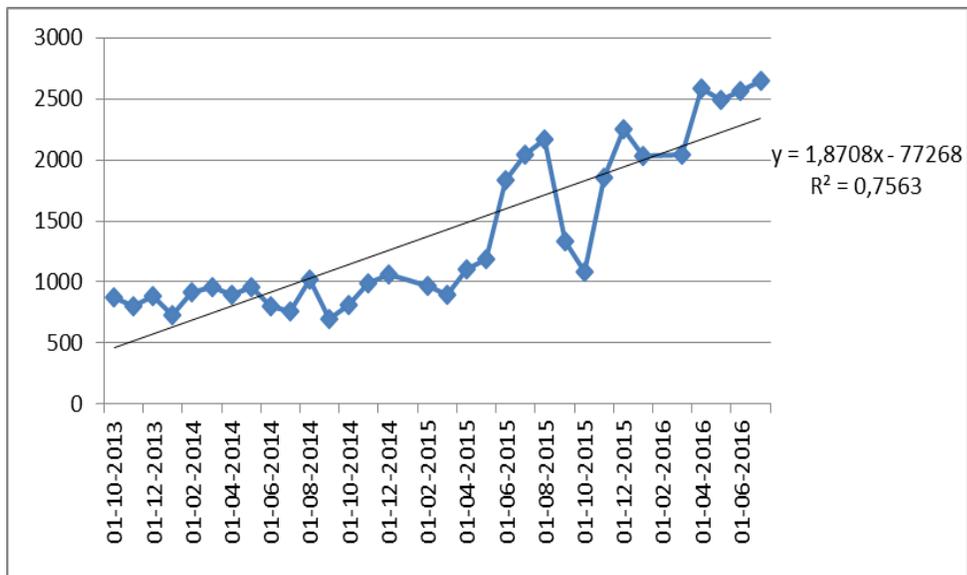
01-12-2013	3100	2972	128	128	4,11%
01-01-2014	2565	3062	-497	497	19,37%
01-02-2014	2650	2714	-64	64	2,42%
01-03-2014	2948	2669	279	279	9,46%
01-04-2014	2638	2864	-226	226	8,58%
01-05-2014	3030	2706	324	324	10,70%
01-06-2014	2444	2933	-489	489	20,00%
01-07-2014	2133	2591	-458	458	21,45%
01-08-2014	3338	2270	1068	1068	31,99%
01-09-2014	2655	3018	-363	363	13,66%
01-10-2014	2700	2764	-64	64	2,36%
01-11-2014	2882	2719	163	163	5,65%
01-12-2014	3900	2833	1067	1067	27,36%
01-12-2015	2647	3580	-933	933	35,25%
01-02-2015	3216	2927	289	289	8,99%
01-03-2015	3457	3129	328	328	9,48%
01-04-2015	3455	3359	96	96	2,79%
01-05-2015	6551	3426	3125	3125	47,70%
01-06-2015	5736	5614	122	122	2,14%
01-07-2015	4755	5699	-944	944	19,86%
01-08-2015	3617	5038	-1421	1421	39,29%
01-09-2015	3715	4043	-328	328	8,84%
01-10-2015	6265	3814	2451	2451	39,13%
01-11-2015	7390	5530	1860	1860	25,18%
01-12-2015	9115	6832	2283	2283	25,05%
01-01-2016	8045	8430	-385	385	4,79%
01-02-2016	8992	8161	831	831	9,25%
01-03-2016	9215	8743	472	472	5,13%
01-04-2016	7510	9073	-1563	1563	20,82%
01-05-2016	7377	7979	-602	602	8,16%
01-06-2016	5700	7558	-1858	1858	32,59%
01-07-2016	5686	6257	-571	571	10,05%
		ERROR	-2015	2015	
		MAD	1263		
		MAPE	25,42%		

Anexo N°4. Gráficos Regresión Lineal Puertas 76SP1D9BB000AC0 y 76SP1E9BB000AC0.

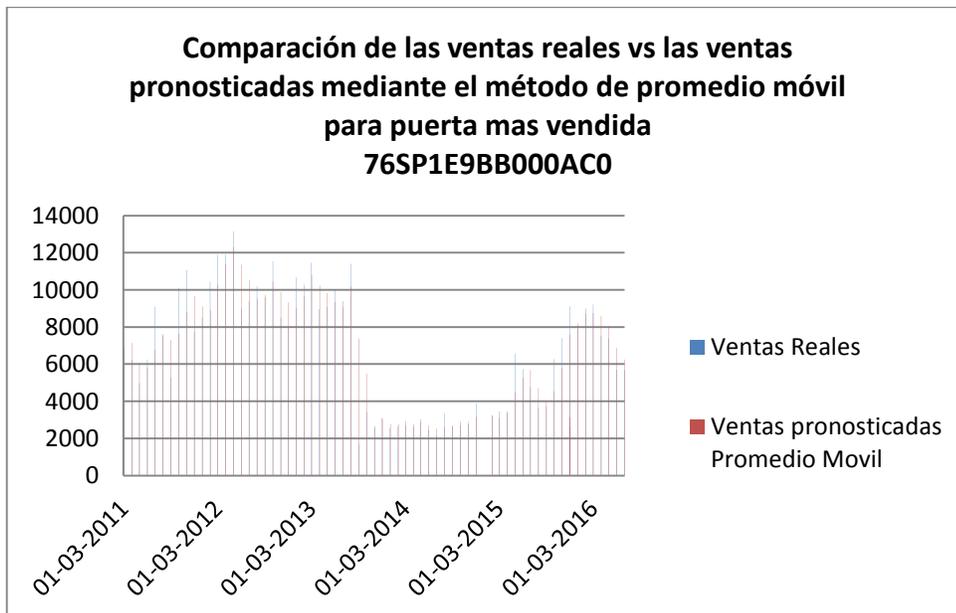
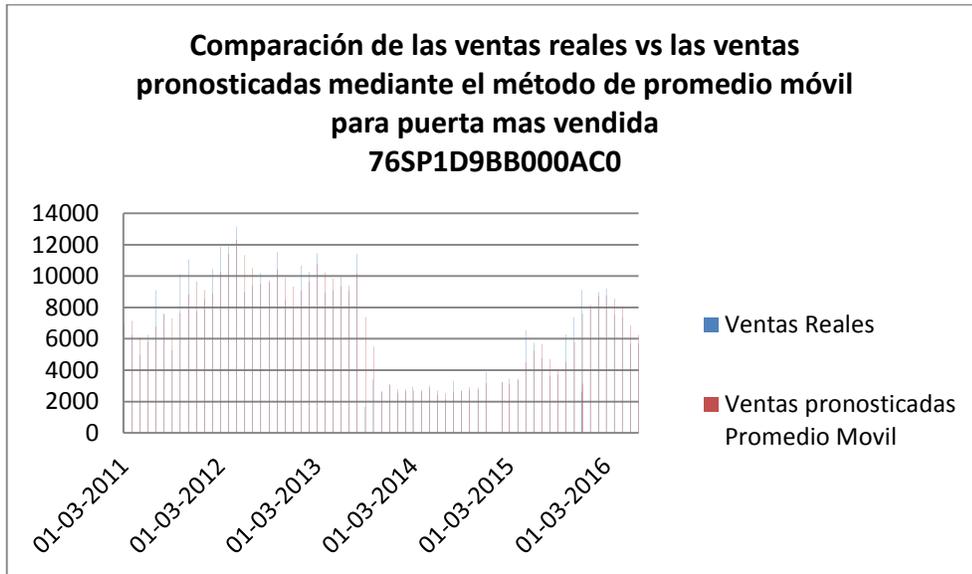
Puerta Código 76SP1D9BB000AC0



Puerta Código 76SP1E9BB000AC0



Anexo N°5. Gráficos Promedio Móvil de Comparación Ventas Reales versus Ventas Pronosticadas Puertas 76SP1D9BB000AC0 y 76SP1E9BB000AC0.



Anexo N°6. Gráficos Suavizamiento Exponencial de Comparación Ventas Reales versus Ventas Pronosticadas Puertas 76SP1D9BB000AC0 y 76SP1E9BB000AC0.

