

Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología

MODELO DE PRONÓSTICOS COMO HERRAMIENTA
PARA LA TOMA DE DECISIONES EN
INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Proyecto de investigación presentado en cumplimiento
parcial los requisitos para el grado de
Ingeniería Industrial y de Sistemas

por

Ricardo Escudero León

Abril de 2015

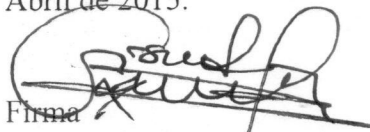
CONSTANCIA DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE REPRODUCCIÓN

El abajo firmante, AUTOR del informe de investigación titulado MODELO DE PRONÓSTICOS COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS por intermedio de la presente, DA FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada que se presenta ante la Facultad de Ingeniería y Tecnología para ser evaluada con el fin de obtener el Grado Académico de Licenciada/o en Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Asimismo, dejo expresada mi conformidad de ceder los derechos de reproducción y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de Montemorelos. Dicha reproducción y circulación se podrá realizar, en una o varias veces, en cualquier soporte, para todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.

Entiendo que dicha cesión no entraña obligación ninguna para la Facultad de Ingeniería y Tecnología, que podrá o no ejercitar los derechos cedidos.

Se firma la presente en la ciudad de Montemorelos Nuevo León, a los 20 días del mes de Abril de 2015.


Firma
Ricardo Escudero León

CURP:
EULR820823HTCSNC01

Observaciones

La información aquí expresada pertenece a la Universidad de Montemorelos, bajo términos de confidencialidad y uso de la información.

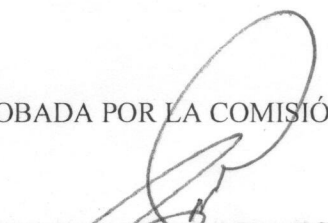
MODELO DE PRONOSTICOS COMO HERRAMIENTA
PARA LA TOMA DE DECISIONES
EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS

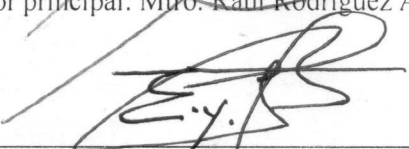
Proyecto de investigación
presentada en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de
Ingeniería Industrial y de Sistemas

Por


Ricardo Escudero León

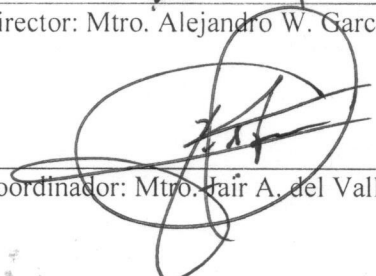
APROBADA POR LA COMISIÓN


Asesor principal: Mtro. Raúl Rodríguez Antonio


Miembro: Profesor Emiliano Cruz Cruz


Miembro: Profesor Isidro Romero Gutiérrez


Director: Mtro. Alejandro W. García M.


Coordinador: Mtro. Jair A. del Valle

20 de Abril de 2015
Fecha de aprobación

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y la sabiduría en esta etapa de mi vida, por la Esposa e Hijos que me dio y me ayudaron con su Amor y paciencia, sus travesuras y risas, a mis padres por la vida y la educación, y a mis maestros, a cada uno de ellos muchas gracias por su tiempo brindado en mi preparación profesional.

Gracias

DECLARACIÓN DE INTEGRACIÓN DE LA FE

La ciencia fue dada por Dios para el conocimiento y sabiduría del hombre, para comprender lo maravilloso que es el Creador del Universo.

Cuando la sabiduría entrare en tu corazón, Y la ciencia fuere grata a tu alma, La discreción te guardará; Te preservará la inteligencia, Para librarte del mal camino, De los hombres que hablan perversidades, Prov. 2: 10-12

Amen

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DECLARACIÓN DE INTEGRACIÓN DE LA FE	iv

Sección

I. INTRODUCCIÓN	2
A. Definición del Problema	3
B. Justificación del problema	3
C. Objetivo general:.....	3
D. Objetivo específico	3
II. METODOLOGÍA	3
A. Método Análisis de tendencia.....	4
B. Método de Descomposición.....	4
C. Método Suavizado exponencial doble	4
D. Método de Holt Winter´s	5
E. Método ARIMA.....	5
III. RESULTADOS	6
A. Método análisis de tendencia	6
B. Método de descomposición	7
C. Método de doble suavizado	7
D. Método de Holt-Winters	8
E. Método de ARIMA	8
F. Comparativa de los modelos según sus medidas de exactitud.....	10
IV. CONCLUSIONES	11

Modelo de pronósticos como herramienta para la toma de decisiones en instituciones educativas

Estimación de la captación de alumnos y venta de créditos en una universidad privada del estado de Nuevo León

Escudero León Ricardo

Facultad de Ingeniería y Tecnología
Universidad de Morelos
Morelos, Nuevo León
escuderoleon@gmail.com

Rodríguez Antonio Raúl

Facultad de Ingeniería y Tecnología
Universidad de Morelos
Morelos, Nuevo León
rodriguez@um.edu.mx

Abstract - Para las instituciones educativas la estimación de la captación de futuros alumnos es crucial para el establecimiento de políticas educativas, de desarrollo y de índole presupuestarias. En el presente estudio se analiza la información histórica respecto a la captación de alumnos y venta de créditos, por semestre, durante el periodo comprendido entre los años 2002 al 2014, de una universidad en el estado de Nuevo León, México, para conformar modelos de pronóstico con base en series de tiempo. Se aplicaron los métodos de Descomposición, Doble Suavizamiento Exponencial, Holt-Winters y ARIMA, y se comparó el desempeño de cada modelo empleando medidas de confiabilidad. Se encontró que el modelo con mejor desempeño, para la captación de alumnos fue ARIMA (2, 2, 2) (2, 1, 2), en tanto que para la venta de créditos fue ARIMA (1, 1, 1) (1, 0, 0). Como validación de los modelos, se compararon los valores pronosticados contra los observados durante el primer semestre del año 2015. Los dos modelos ARIMA seleccionados se emplearon para generar pronósticos puntuales y por intervalos para un horizonte de cinco años, a partir de 2015.

Palabras claves: Series de tiempo, pronósticos, captación de alumnos.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de una economía global y condiciones cambiantes, es de vital importancia para las empresas e instituciones generar pronósticos confiables que les permitan adaptarse con éxito a las nuevas condiciones [1].

Torres Marrón argumenta que con frecuencia las decisiones tomadas en el presente, las cuales afectarán el futuro, están tomadas solo bajo intuición. Esto no es necesariamente equivocado, sin embargo, bajo el contexto actual en el cual se mueven todos los mercados, la incertidumbre es parte de la operación del día. Para que las empresas puedan reducir estos márgenes de incertidumbre, deben de ser respaldados por pronósticos confiables y precisos que sean capaces de satisfacer las necesidades de planeación de las organizaciones [2, 1].

El uso eficiente de los recursos es vital para el éxito de las empresas, y aquellas que reaccionan más rápido son las que tienen la oportunidad de prevenir, subsistir y perdurar [3]

Es común para algunas empresas que los presupuestos, desarrollo de planes y toma de decisiones se efectúen de manera

subjetiva, mirando de modo superficial datos estadísticos como el promedio, tendencias e información obtenida de los resultados financieros, de unos cuantos años atrás. Este tipo de análisis tendría mayor peso si estuviese acompañado de estudios más significativos, a veces son mejores las conjeturas del futuro que no contar con nada [4].

El análisis de información histórica, por medio de series de tiempo, ha mostrado ser una valiosa herramienta para generar pronósticos confiables para las instituciones educativas. Los pronósticos han cambiado la forma de planear, organizar, dirigir y repartir recursos. Un estudio realizado en la Universidad Agraria de la Habana Cuba, utilizó series de tiempo, y métodos de regresión lineal [5]. De manera similar se analizó la matrícula estudiantil de la Escuela Básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes durante los años 2002–2007 empleando modelos de regresión lineal [6].

Los pronósticos obtenidos por medio del modelo estadístico generado con información histórica, denominados datos de entrenamientos, generalmente son comparados con valores actuales, para determinar su pertinencia. Así, por ejemplo, la proyección de matrícula estudiantil obtenida por medio de modelos de series de tiempo y patrones gráficos, para la Universidad Estatal de Mindanao, mostró una diferencia promedio de 20% entre los valores pronosticados y los valores actuales obtenidos del sistema electrónico de administración escolar. Por otra parte, en un estudio realizado en una institución educativa en la región Ashanti, en Ghana, donde se utilizó metodología Box – Jenkins para pronosticar la matrícula estudiantil, se encontró un modelo ARIMA (3, 1, 3) que mostraba la continuidad de captación de alumnos [7].

Es posible analizar la información histórica con diferentes modelos de pronóstico, sin embargo, no todos podrían generar pronósticos confiables, de modos que se requiere validar dichos modelos. Una de las formas usuales es emplear medidas de confiabilidad como el porcentaje de error medio absoluto (MAPE), desviación media absoluta (MAD) y la desviación cuadrática media (MSD) [8].

En el estudio realizado por Suhartono y Subanar se comparan, con base en este criterio, el desempeño de los

modelos obtenidos por los métodos de Descomposición, Winters, Regresión, ARIMA y Redes Neuronales, para los datos clásicos de International Airline Passengers de 1949 a 1960, y se encontró que los métodos más complejos, como Redes Neuronales, no siempre proporcionan mejores pronósticos que los métodos más simples [9].

Existen algunas consideraciones las cuales tenemos que tomar en cuenta para poder realizar un pronóstico con mucha confiabilidad y utilidad. Lo primero que tenemos que hacer es, una recolección de datos que sean confiables y de relevancia para su predicción. El siguiente factor y quizás el más importante, es elegir los modelos de pronósticos adecuados para el procesamiento de los datos [10].

Al respaldar la planeación con base en modelos estadísticos, las empresas puedan emprender acciones ejecutivas con mayor certidumbre. En este sentido, uno de los mejores caminos para aumentar el valor de la información es integrarla, validarla, sintetizarla y dejarla disponible en el momento adecuado para ser analizada por los tomadores de decisión [11].

Para fines administrativos de la universidad estudiada, se define un crédito como la unidad de medida con la cual se determina el peso académico de un curso en el que el estudiante se encuentre inscrito, así como las obligaciones financieras contraídas por parte del estudiante. La captación de alumnos se define como la cantidad de alumnos que se inscriben semestralmente en los cursos ofertados por la universidad, en sus diversas modalidades.

A. Definición del Problema

Bajo el supuesto de que las condiciones socioeconómicas del país no cambien drásticamente, ¿cuál es la cantidad, por semestre, de créditos que la universidad venderá, así como la cantidad de alumnos que se espera inscribir, dentro de un horizonte de cinco semestres, en todos los niveles educativos ofertados?

El poder contar con una visión más amplia con la ayuda análisis de series de tiempo, se espera poder mirar la posible captación de alumnado y ventas de crédito en la institución educativa dentro de un horizonte de cinco semestres. El horizonte de tiempo no podrá ir más allá de lo establecido para evitar la disminución del poder predictivo del modelo.

B. Justificación del problema

En el sentido de los negocios, un pronóstico es una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo - o un conjunto de estimados - acerca de la probabilidad de eventos futuros que se elaboran en base en la información de interés en su dimensión pasada y actual [12].

Hoy en día todos los procesos de planificación que se generan dentro una empresa u organización, deben estar sustentadas por requisitos que cumplan este fin el de dar mayor certidumbre a los planes a futuro. Las instituciones educativas no se encuentran fuera de este panorama. Las universidades privadas o públicas tienen la necesidad de generar o incrementar la cantidad de jóvenes dentro sus planteles [6].

Teniendo en cuenta que la Universidad posee información completa sobre cómo se ha comportado su captación de alumnos

y ventas de créditos durante los últimos trece años, se pretende estimar, un escenario futuro para la captación de alumnos y venta de créditos, se pretende proporcionar a los administradores con herramientas para optimizar la toma de decisiones y optimización de recursos.

C. Objetivo general:

Aplicar metodologías de pronósticos con base en series de tiempo, para los datos históricos de captación de alumnos y venta de créditos de la institución educativa.

Seleccionar el mejor modelo basado en las medias de confiabilidad, y comparación de los valores pronosticados contra valores actuales.

D. Objetivo específico

Recopilar información histórica sobre la matrícula histórica de la institución educativa.

Analizar los datos obtenidos con los siguientes métodos de series de tiempo: doble Suavización exponencial, Holt-Winters, Análisis de tendencia, Descomposición y ARIMA.

Efectuar pronósticos puntuales y por intervalos para un horizonte de cinco semestres.

II. METODOLOGÍA

El estudio de pronósticos de tiempo fue basado en el historial de información del sistema institucional de alumnos inscritos y venta de créditos desde el periodo 2002 hasta el 2015, dejando un semestre para el entrenamiento de los datos, esto para permitir la validación del modelo o los modelos a estudiar.

Los procedimientos del estudio se sujetaron a políticas y criterios determinados por los departamentos financiero y académico de la institución. Las variables analizadas fueron: cantidad de alumnos inscritos, y cantidad de créditos vendidos, por semestre.

La base de datos para la realización del estudio fue proporcionada por el Departamento de Sistemas de la institución, con información del periodo comprendido entre los años 2002 al 2015. La calidad de los pronósticos depende en gran medida de la calidad y cantidad de los datos, de modo que se procedió a depurar la base de datos.

La universidad cuenta con 23 cargas académicas. Entendemos como carga académica a un conjunto de programas académicos y modalidades ofertados por la institución, en un determinado ciclo escolar aun grupo o número de estudiantes.

De las 23 cargas existentes solo 14 cargas son utilizadas para informes oficiales, cuestiones presupuestarias y composición de la matrícula. Dichas cargas fueron divididas respectivamente al semestre correspondiente, siete cargas para el primer semestre y 7 cargas para el segundo. Todo esto basado y confirmado por los departamentos correspondientes; Departamento de finanzas, y Gestión académica de la institución educativa.

Para la organización y depuración de la información se utilizó el programa de Excel 2013 de Microsoft. Las variables del estudio, cantidad de alumnos y cantidad de créditos vendidos, se sometieron a validación con base en los siguientes criterios: 1) Todo alumnos que pertenece a la base de datos a

estudiar, debió estar inscrito en cualquiera de las cargas ya sea de primer y segundo semestre ya establecidas. 2) El alumno no puede repartirse dos veces en una misma carga, pero si puede parecer en otra carga diferente. 3) En caso de que el alumno haya aparecido dos veces o más en una misma carga académica, se sumaran sus créditos y será tomado solo como un total.

Con respecto a créditos vendidos se tomó como valor determinante la cantidad de créditos que el alumno inscribió el último día de matrícula oficial, sin importan si este dio de baja o alta, créditos durante el curso escolar o si en el transcurso dio baja definitiva de la institución.

Una vez extraída la información se realizó una prueba preliminar con una gráfica de serie de tiempo simple, para determinar el comportamiento de los datos, en el cual se corroboró la estacionalidad, tendencia y ciclos. Información que ayudó a encontrar el mejor método para el análisis de los datos.

Los datos se analizaron empleando los métodos: Análisis de tendencia, descomposición, suavizado exponencial doble, Holt Winters, los cuales fueron procesados con ayuda del Software estadístico Minitab 17.10 y el Modelo ARIMA se construyó en IBM SPSS statistics 21.

A. Método Análisis de tendencia

El método análisis de tendencia ajusta un modelo de tendencia general para los datos de las series de tiempo y provee los pronósticos. Se elige entre los siguientes modelos: lineal, cuadrático, crecimiento o decadencia exponencial y curva S [13].

Para este método se hizo una comparativa. Se analizaron, los modelos lineal, cuadrático y exponencial, generando 5 predicciones por cada modelo. Una vez obtenidos los resultados se cotejaron sus medidas de confiabilidad.

En el caso de este estudio el modelo a utilizar es un modelo cuadrático. Una regresión cuadrática es el proceso de encontrar la ecuación de la parábola que mejor se ajuste para un conjunto de datos. Como resultado, obtenemos una ecuación de la forma [14].

$$y = ax^2 + bx + c$$

Donde = a ≠ 0

La potencia predictiva relativa de un modelo cuadrático está denotada por R². El valor de R² varía entre 0 y 1. Mientras más cercano el valor esté de 1, más preciso será el modelo [15, 13].

B. Método de Descomposición

Para el modelo de descomposición se usaron los siguientes parámetros.

El tipo de modelo para el método de descomposición fue multiplicativo, este modelo presupone que a medida que se incrementan los datos, también se incrementa el patrón estacional [16].

La longitud estacional fue determinada por la cantidad de periodos que existen en un año, en todo caso 1er semestre y 2do semestre.

Este modelo se ha encontrado que es útil cuando se modela series de tiempo que muestran el aumento o la disminución de

la variación estacional. El supuesto clave inherente en este modelo es que la estacionalidad puede separarse de otros componentes de la serie [15]. El modelo de descomposición multiplicativa tiene la siguiente ecuación:

$$y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot I_t$$

y_t = el observado de la serie temporal en un periodo t

T_t = el componente de tendencia en el periodo t

S_t = el componente estacional en el periodo t

C_t = el componente cíclico en el periodo t

I_t = el componente irregular en el tiempo t

C. Método Suavizado exponencial doble

La técnica de suavización exponencial doble, también conocida como Método Brown, se usa para pronosticar series temporales que tienen una tendencia lineal. Esta técnica se resume mediante el uso de las siguientes ecuaciones: [17]

$$A'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) A'_{t-1}$$

Donde:

α = es la constante de suavización (0 < α < 1)

Y_t = es el valor real de la serie en periodo t

A'_t = es el doble valor suavizado de la observación

Esta ecuación no es más que una suavización del método suavización exponencial simple.

De manera análoga el promedio móvil se obtiene una estimación del valor de la serie para cualquier periodo t (que es una ordenada al origen móvil) [17].

$$a_t = F_t = 2A_t - A'_t$$

Después se calcula el valor de ajuste, similar a la medición de una pendiente que puede cambiar durante la serie:

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_t - A'_t)$$

Por último, la formulación del pronóstico de p periodos en el futuro:

$$F_{t-p} = F_t + pb_t = (2A_t - A'_t) + \frac{\alpha p}{1 - \alpha} (A_t - A'_t)$$

La suavización exponencial doble utiliza dos componentes, uno de nivel y el otro componente de tendencia en cada período. Utiliza estos dos parámetros de suavización para actualizar los componentes en cada período. Las ecuaciones para la suavización exponencial doble son [16]:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) [L_{t-1} + T_{t-1}]$$

$$T_t = \gamma [L_t - L_{t-1}] + (1 - \gamma) T_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t = L_{t-1} + T_{t-1}$$

Se encontró que los valores de ponderación para la suavización óptima para la captación de alumnos son: α (nivel) = 0.520959 y γ (tendencia) = 0.096374

Para proyección de venta de créditos se encontraron dos posibles modelos óptimos: Modelo A $\alpha = 0.452385$ y $\gamma = 0.124682$, para el modelo B Modelo B $\alpha = 0.635$ y $\gamma = 0.112$.

Con una generación de pronósticos de 5 semestres para cada diferente modelo.

D. Método de Holt Winter's

El método de Holt Winter's es un procedimiento de revisión de forma continua una estimación a la luz de las experiencias más recientes [4]. Esta técnica proporciona mayor flexibilidad que como lo hace el método de Brown.

Este método ofrece pronósticos de corto a mediano alcance. Se puede utilizar este procedimiento cuando la tendencia y la estacionalidad estén presentes, con estos dos componentes que pueden ser aditivos o multiplicativos. El Método de Winters calcula estimados dinámicos para tres componentes: nivel, tendencia y estacional. [16]

Las cuatro ecuaciones utilizadas en el modelo de Holt son las siguientes [17]:

La serie exponencial atenuada

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

La estimación de la tendencia

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

La estimación de la estacionalidad

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

El pronóstico p del periodo en el futuro

$$\hat{Y}_{t+p} = (A_t - pT_t)S_{t-L+p}$$

Donde:

A_t = nuevo valor agregado

α = constante de atenuación ($0 < \alpha < 1$)

Y_t = nueva observación o valor real en el periodo t

β = constante de atenuación de la estimación de la tendencia ($0 < \beta < 1$)

T_t = estimación de la tendencia

γ = constante de atenuación de la estimación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$)

S_t = estimación de la estacionalidad

p = periodos a estimar a futuro

L = longitud de la estacionalidad

\hat{Y}_{t+p} = pronósticos de p periodos a futuro

Los parámetros para el Método Holt-Winter's fueron:

Del tipo multiplicativo esto debido a que el patrón estacional aumenta con forme la serie sube o disminuye conforme la serie baja [16]. Con la ayuda de SPSS statistics se encontraron los

valores de ponderación para la suavización óptima y de ahí en base a prueba y error se encontró otro posible modelo.

Que dando para capacidad de alumnos los siguientes valores para la suavización: Modelo B α (nivel) = 0.500, γ (tendencia) = 0.001 y δ (estacional) = 0.080, para el Modelo B $\alpha = 0.299$, $\gamma = 0.001$ y $\delta = 0.085$

Para los pronósticos de venta de créditos quedaron los siguientes valores: Modelo A $\alpha = 0.415$, $\gamma = 0.002$ y $\delta = 0.465$ para el Modelo B $\alpha = 0.740$, $\gamma = 0.001$ y $\delta = 0.477$.

E. Método ARIMA

Los modelos ARIMAS o modelo de promedio móvil autorregresivo integrado pertenece a una familia de modelos de series de tiempo lineales flexibles que se pueden utilizar para modelar muchos tipos diferentes de temporada, así como series de tiempo no estacional. El modelo ARIMA estacional se puede expresar como [18]:

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D y_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^S)\varepsilon_t$$

Cuando:

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

$$\Phi_p(B^S) = 1 - \phi_1 B^S - \phi_2 B^{2S} - \dots - \phi_p B^{pS}$$

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

$$\Theta_q(B^S) = 1 - \theta_1 B^S - \theta_2 B^{2S} - \dots - \theta_q B^{qS}$$

Donde S es la longitud de temporada, B es el operador de desplazamiento hacia atrás y \sum_t es una secuencia de ruidos blancos con media cero y varianza constante. Box y Jenkins en 1997 propusieron un conjunto de estrategias efectivas de construcción modelo de ARIMA estacional basada en las estructuras de correlación en una serie de tiempo [10].

Es tipo de modelo, puede estudiar las tendencias, las variaciones estacionales, las oscilaciones cíclicas, el grado de volatilidad, etc [19]. Si bien existen distintas variantes de como esta se aplica, la forma más general es la que divide el proceso en cuatro pasos: Identificación de la estructura del modelo, estimación de los parámetros del modelo, diagnóstico del modelo, Predicción.

Se efectuó el procedimiento usual de preproceso para el ARIMA. Como la serie de tiempo no era estacionaria, se tomaron las primeras diferencias. Con base en la función de autocorrelación (SAC) y autocorrelación parcial (SPAC), y apoyados en las rutinas de SPSS statistics se identificaron dos modelos, ARIMA (1, 1, 1) y ARIMA de tipo multiplicativo (1, 1, 1)*(1, 0, 0), para el pronóstico de ventas de créditos.

Para este método se usó una transformación de logaritmo natural. Es decir transformar una serie en otra con varianza relativamente constante, es tomar logaritmos ya que ello supone trabajar con valores relativamente más homogéneos. Las transformaciones logarítmicas de datos son muy frecuentes dentro de los modelos ARIMA [19].

Mediante un análisis visual se determinó modelar ciertos puntos temporales de la serie como valores atípicos definidos como cambio de nivel para los datos de venta de créditos.

Para los datos de la captación de alumnos se encontraron dos modelos del tipo multiplicativo el primer modelo; ARIMA (2, 2, 2)*(2, 1, 2) con transformación logaritmo ln, el segundo modelo es ARIMA (1, 2, 2)*(2, 0, 0) sin transformación, de igual forma se clasificaron dos puntos temporales como valores atípicos del tipo cambio de nivel en los dos modelos.

Una vez analizados se comparó el rendimiento que estos generaron, serán evaluados por sus tres medidas de uso común, MAPE, MAD y MSD para determinar el o los mejores modelos para los pronósticos tanto de venta de créditos como captación de alumnado.

Estas medidas sirven para comparar la efectividad de los modelos que se están analizando. En los resultados se busca el valor menor de los MAPE, MAD y MSD de esta manera obtener el mejor ajuste.

MAPE: Porcentaje promedio absoluto de error, mide la exactitud de los valores estimados de la serie de tiempo. La exactitud se expresa como un porcentaje con igual al valor observado, es el valor estimado y n el número de observaciones [16].

$$MAPE = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t| / y_t}{n} \times 100 \text{ donde } y_t \neq 0$$

MAD: Desviación media absoluta, mide la exactitud de los valores estimados de la serie de tiempo. Expresa la exactitud en las mismas unidades de los datos [16].

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

MSD: Desviación cuadrática media, es más sensible a errores anormales de pronóstico que el MAD [16].

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|^2}{n}$$

III. RESULTADOS

Se analizaron los datos con una serie temporal simple, y de esta manera se determinó su comportamiento estacional, tendencia y ciclo presentes.

Al establecer su comportamiento es más fácil se pueden tratar mejor los datos y el tipo de método a usar para arrojar mejor resultados y de significancia.

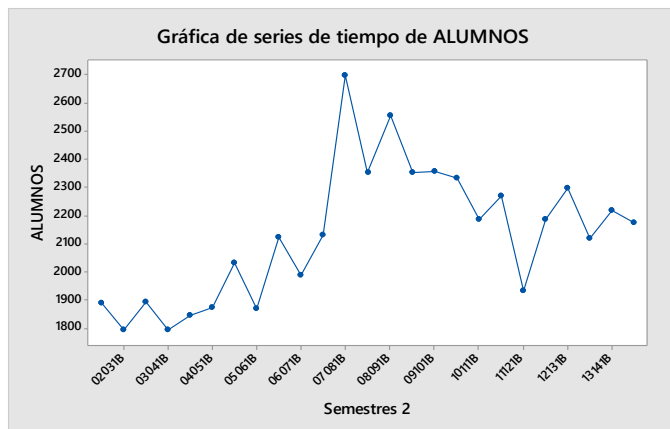


Fig. 1. Serie de tiempo simple, captación de alumnos

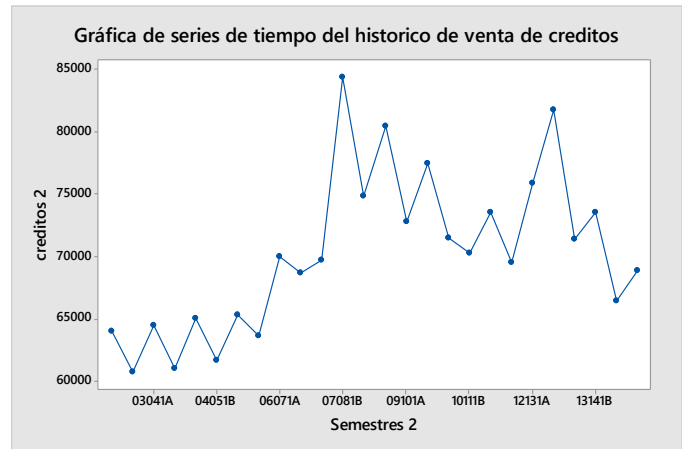


Fig. 2. Serie de tiempo simple de venta de créditos.

Se puede observar en ambas graficas una tendencia cuadrática la cual parece ir en aumento y en un determinado punto empieza a decaer conforme avanza la serie.

La estacionalidad es semestral, se tiene una baja y una alta dado por el primer y segundo semestre. De igual forma podemos observar dos posibles valores atípicos en tanto venta de créditos como en captación de alumnos que los podemos relacionar con un cambio de nivel. Otras fluctuaciones irregulares podrían ser variaciones cíclicas, pero en estos casos en ninguna de las series se puede observar dicho fenómeno.

Ahora pasemos a observar cada uno de los métodos de pronósticos, analizando sus gráficos y sus medidas de exactitud en el comportamiento de los datos.

A. Método análisis de tendencia

La grafica de tendencia cuadrática, “fig. 3”, podemos observar la serie orinal con su línea ajustada y sus pronósticos a 5 semestres es evidente observar que la línea de ajuste adopta la forma general de la serie de tiempo, no así con el patrón estacional, dejando un pobre ajuste al modelo, de igual forma se presenta para la gráfica de venta de créditos “Fig. 4”.

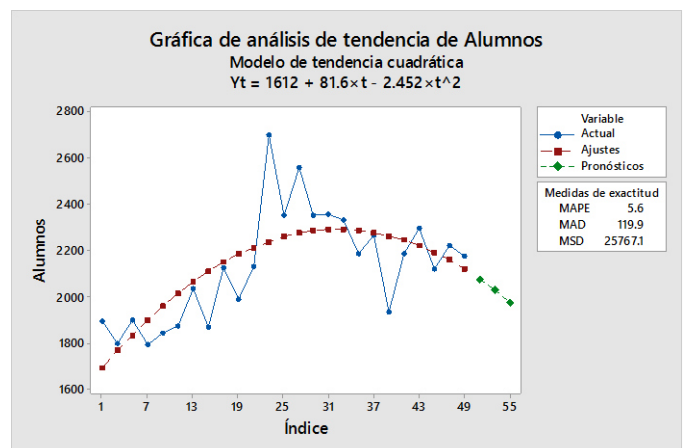


Fig. 3. Grafica de tendencia cuadrática con cinco semestres pronosticados

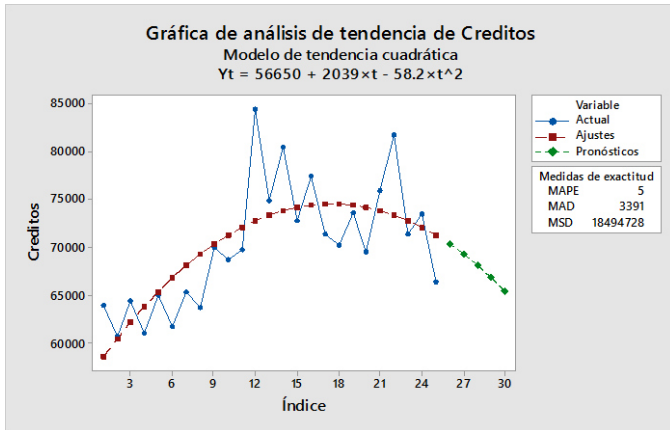


Fig. 4. Grafica de tendencia cuadrática con cinco semestres pronosticado

B. Método de descomposición

En la gráfica captación de alumnos podemos observar en la “fig. 5”, que la tendencia es lineal la cual no se ajusta al comportamiento de los datos, el ajuste es pobre y no es acorde con la forma que generan los datos, esta es la misma observación que se deja ver en el gráfico de ventas de créditos “fig. 6”.

El comportamiento de los IP (intervalos de predicción) sigue el mismo patrón que la línea de ajuste, dando cabida a errores de predicción

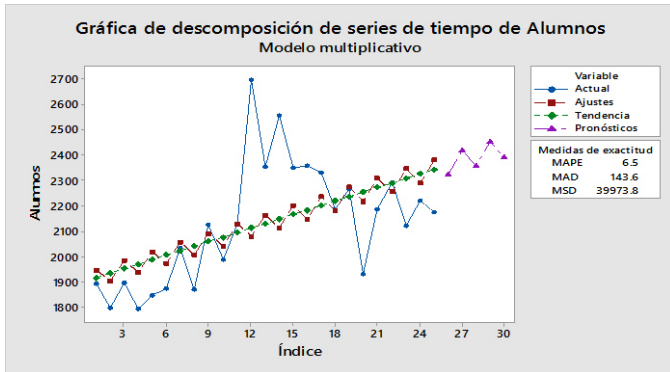


Fig. 5. Grafica de descomposición de captación de alumnos con cinco semestres pronosticados

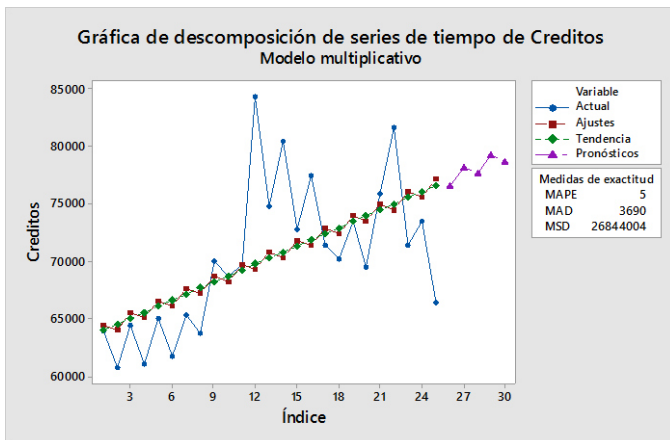


Fig. 6. Grafica de descomposición de venta de créditos con cinco semestres pronosticados

C. Método de doble suavizado

Se observa la gráfica de serie de tiempo con los datos reales y su línea de estimación o ajustes, se puede notar que línea de estimación va modelando el patrón de los datos originales proveyendo de un mejor ajuste, además incorpora intervalos de pronósticos con 95% de confianza “Fig. 7”.

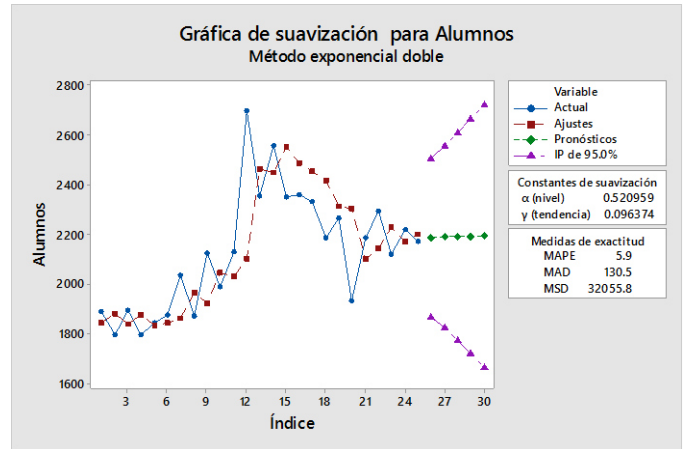


Fig. 7. Grafica de doble suavizado captación de alumnos con cinco semestres pronosticados

Las constantes de suavización que se utilizaron para el modelo de captación de alumnos fue, para α (nivel) = 0.520959 y γ (tendencia) = 0.096374.

Para los datos de venta de créditos se encontraron dos posibles modelos, “fig. 8 y 9”. Se observa como en los dos modelos las líneas de ajuste van siguiendo el comportamiento de la serie de tiempo, desarrollándose mejor en el comportamiento de los datos, de igual forma obtenemos intervalos de pronósticos generados por el modelo.

La constantes de suavización para el modelo A $\alpha = 0.452385$ y $\gamma = 0.124682$ para el modelo B $\alpha = 0.635$ y $\gamma = 0.112$

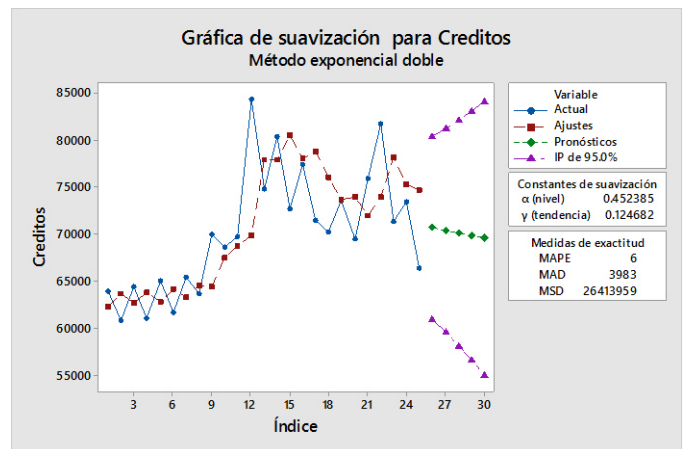


Fig. 8. Grafica de doble suavizado modelo A con cinco semestres pronosticados

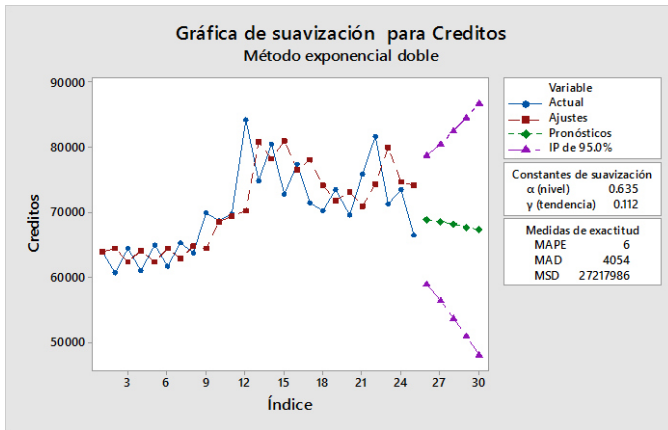


Fig. 9. Gráfica de doble suavizado modelo B con cinco semestres pronosticados

D. Método de Holt-Winters

Este método con respecto a los anteriores incorpora en su análisis la estacionalidad (años, meses, semestres, etc). Llegando a generar información más objetiva. Se encontraron dos posibles modelos para la captación de alumnado, en el primer modelo “fig. 10”, se puede observar que la línea de ajuste se adapta muy bien a la serie de tiempo. La estacionalidad se suaviza, mejorando al modelo, en el modelo B “fig. 11”, el nivel de ajuste se desplazó un poco, aumentado las medidas de exactitud a cómo podemos observar en los gráficos.

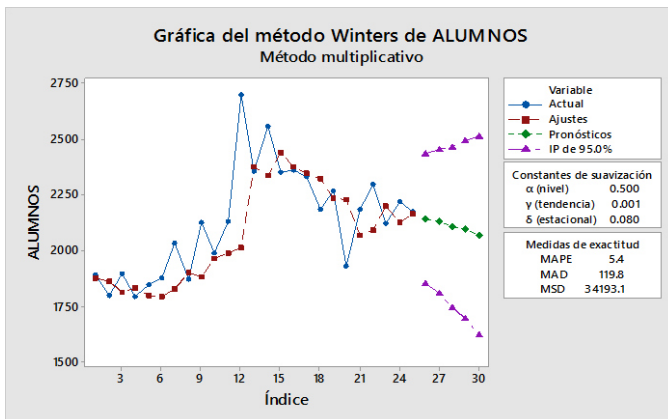


Fig. 10. Gráfica de Holt Winters modelo A con cinco semestres pronosticados

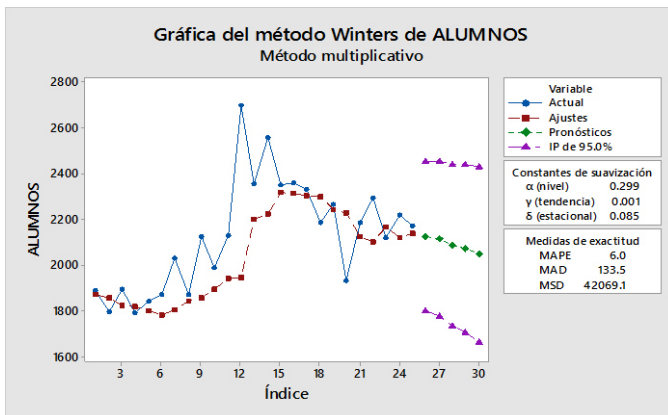


Fig. 11. Gráfica de Holt Winters modelo B con cinco semestres pronosticados

Las constantes de suavización para la captación de alumnos son las siguientes, para el modelo A α (nivel) = 0.500, γ (tendencia) = 0.001 y δ (estacional) = 0.080, para el modelo B tenemos $\alpha = 0.299$, $\gamma = 0.001$ y $\delta = 0.085$.

Los gráficos de venta de créditos se observadas en la “fig. 12” y “fig. 13”, que presentan un nivel de ajuste aceptable en ambos casos, la línea de pronósticos tiene un mejor comportamiento, al igual que los intervalos de predicción.

Las constantes de suavización utilizadas para obtener el mejor ajuste son: modelo A α (nivel) = 0.415, γ (tendencia) = 0.00, δ (estacional) = 0.465, para el modelo B $\alpha = 0.740$, $\gamma = 0.001$ y $\delta = 0.477$.

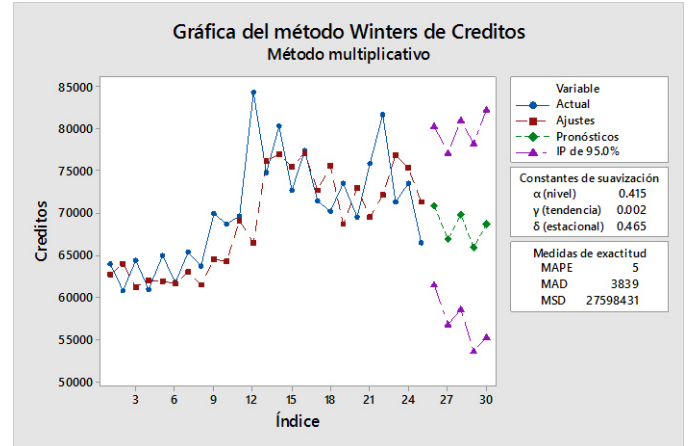


Fig. 12. Gráfica de Holt Winters modelo A con cinco semestres pronosticados

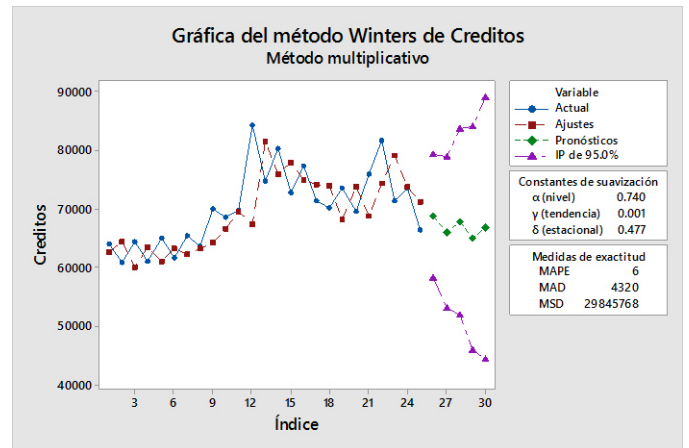


Fig. 13. Gráfica de Holt Winters modelo B con cinco semestres pronosticados

E. Método de ARIMA

Para los datos de captación de alumnos se usó un modelo A ARIMA (2, 2, 2) (2, 1, 2) con transformación logaritmo natural y un modelo B (1, 2, 1) (2, 0, 0) sin transformación, generaron los siguientes resultados.

En la “fig. 14 y 15” podemos observar como la línea de pronóstico sigue el comportamiento de la serie original con una confiabilidad de un 95%.

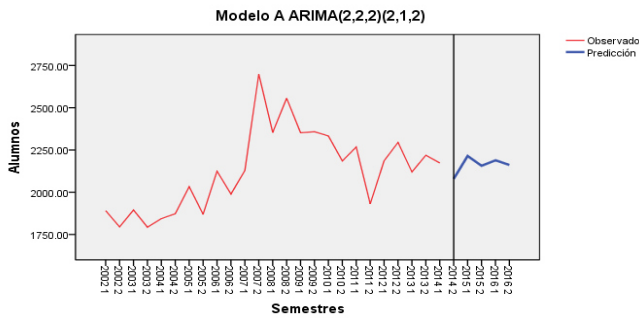


Fig. 14. Grafica de captación de alumnos Modelo A ARIMA (2, 2, 2) (2, 1, 2) con cinco semestres pronosticados

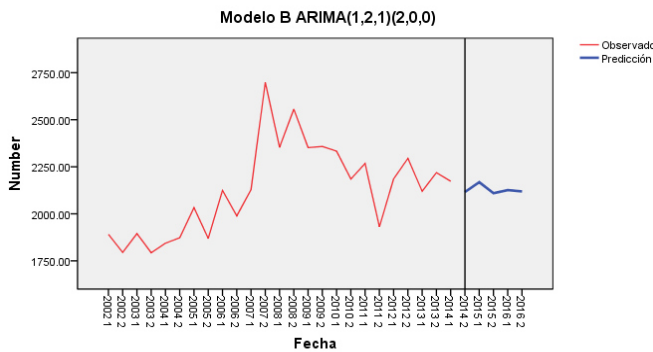


Fig. 15. Grafica de captación de alumnos Modelo B ARIMA (1, 2, 1) (2, 0, 0) con cinco semestres pronosticados.

Validando el ajuste del modelo bajo el estadístico de Ljung-Box obtenemos que el valor de significancia que p tiene que ser mayor que 0.05 para que el modelo sea aceptado decimos que los resultados del modelo A (2, 2, 2) (2, 1, 2) y modelo B (1, 2, 1) (2, 0, 0) presentados en las tablas de arriba, cuentan con un valor p significativo para ambos casos, modelo A $p = .160$ y para el modelo B $p = .859$, de igual forma el r^2 que indica la fracción de variabilidad explicada por el modelo, es significativo en ambos casos, teniendo para el modelo A una $r^2 = .887$ y para el modelo B una $r^2 = .868$.

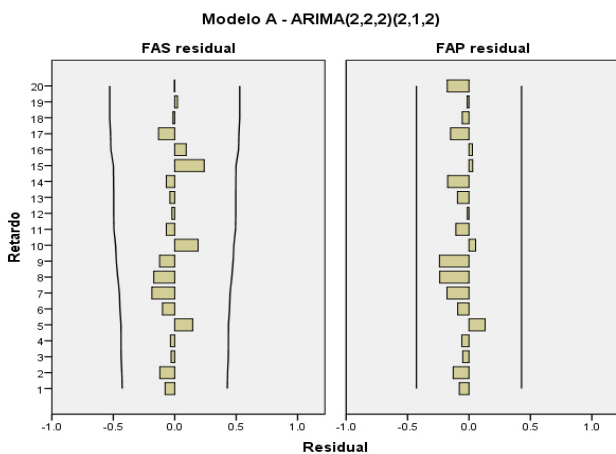


Fig. 16. Gráficos de autocorrelación simple (FAS) y autocorrelación parcial (FAP) de la captación de alumnos Modelo A.

En los gráficos, “fig. 16” y “fig. 17”, los FAS y FAP se encuentran dentro de los rangos establecidos para ambos modelos, podemos decir que no existe correlación entre los datos y el modelo se ajusta correctamente.

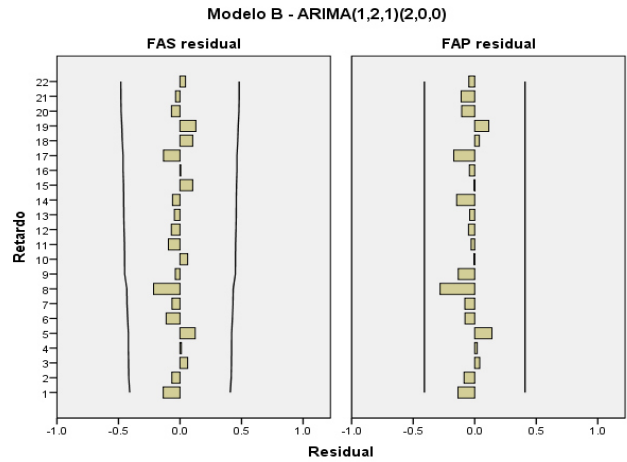


Fig. 17. Gráficos de autocorrelación simple (FAS) y autocorrelación parcial (FAP) de la captación de alumnos Modelo B.

Para los datos de venta de crédito se encontraron dos posibles modelos. El modelo A ARIMA (1, 1, 1) (1, 0, 0) y un modelo B (1, 1, 1) los dos con transformaciones de logaritmo natural.

En la “fig. 18 y 19” podemos observar como la línea de pronóstico se ajusta al patrón de la serie de tiempo.

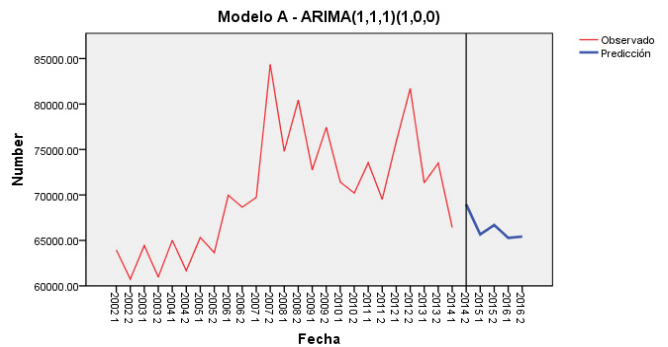


Fig. 18. Grafica de venta de créditos Modelo A ARIMA (1, 1, 1) (1, 0, 0) con cinco semestres pronosticados

Validando el ajuste del modelo bajo el estadístico de Ljung-Box obtenemos que en el valor de significancia que p tiene que ser mayor que 0.05 para que el modelo sea aceptado decimos que los resultados del modelo A (1, 1, 1) (1, 0, 0) y modelo B (1, 1, 1) presentados en las tablas de arriba, cuentan con un valor p significativo para ambos casos, modelo A $p = .743$ y para el modelo B $p = .743$, de igual forma el r^2 que indica la fracción de variabilidad explicada por el modelo, es significativo en ambos casos, teniendo para el modelo A una $r^2 = .586$ y para el modelo B una $r^2 = .562$.

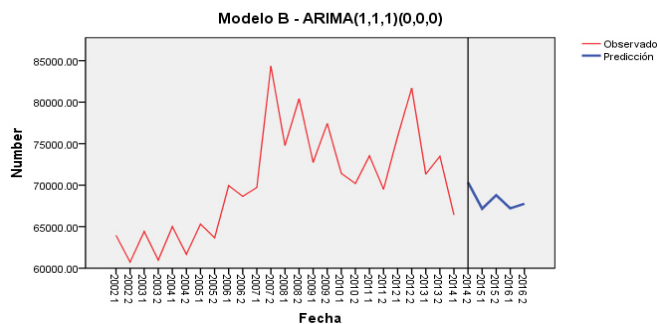


Fig. 19. Grafica de venta de créditos Modelo B ARIMA (1, 1, 1) con cinco semestres pronosticados

En las “fig. 20 y 21” los gráficos FAS y FAP se mantienen dentro de rangos de significancia esto indica que no existe correlación entre los datos y el modelo aceptable.

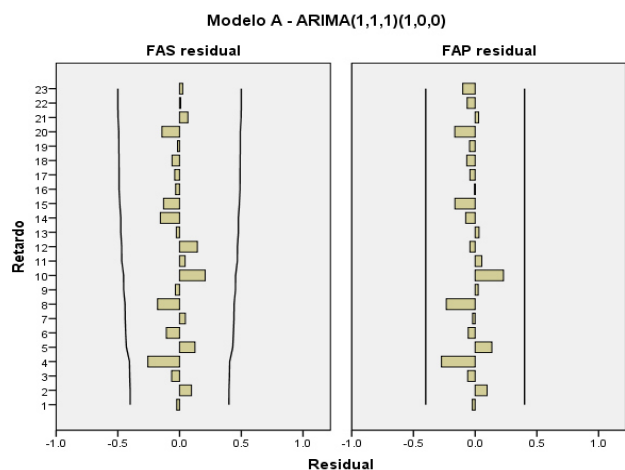


Fig. 20. Gráficos de autocorrelación simple (FAS) y autocorrelación parcial (FAP) de la venta de créditos.

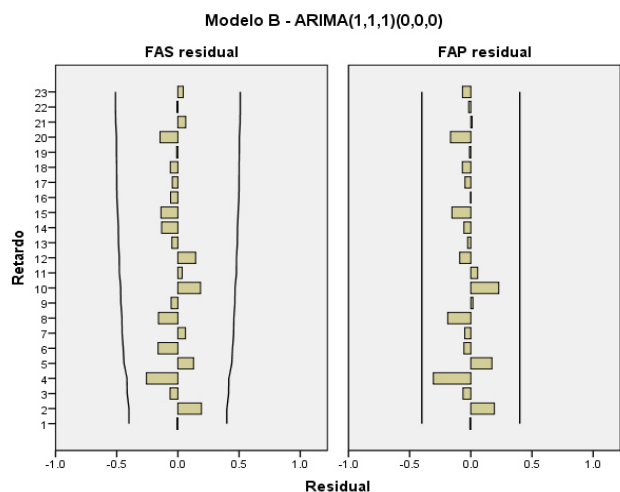


Fig. 21. Gráficos de autocorrelación simple (FAS) y autocorrelación parcial (FAP) de la venta de créditos.

F. Comparativa de los modelos según sus medidas de exactitud.

El rendimiento de la predicción dentro de la muestra y fuera de la muestra se juzga, que entre menores o más pequeños sean los valores de MAPE, MAD y MSD el modelo será más eficaz a la hora de generar los pronósticos.

Tabla 1. Comparativa de medidas de exactitud de los pronósticos de captación de alumnos

Método	Medidas de exactitud		
	MSD	MAD	MAPE
Análisis de tendencia	25767.1	119.9	5.6
Descomposición	39973.8	143.6	6.5
Suavizado Exp. Doble	32055.8	130.5	5.9
Holt-Winter's Modelo A	34193.1	119.8	5.4
Holt-Winter's Modelo B	42069.1	133.5	6.0
ARIMA (2,2,2) (2,1,2)	229.1	114.9	5.2
ARIMA (1,2,1) (2,0,0)	156.1	104.5	4.8

Tabla 2. Comparativa de medidas de exactitud de los pronósticos de venta de créditos

Modelo	Medidas de exactitud		
	MSD	MAD	MAPE
Análisis de tendencia	18494728	3391	5
Descomposición Multiplicativo	26844004	3690	5
Suavizado Exp.Doble Modelo A	26413959	3983	6
Suavizado Exp.Doble Modelo B	27217986	4054	6
Holt-Winter's Modelo A	27598431	3839	5
Holt-Winter's Modelo B	29845768	4320	6
ARIMA (1,1,1) (0,0,0)	4396.99	3133	4.3
ARIMA (1,1,1) (1,0,0)	4436.45	2923	4.01

Tabla 3. Comparativa de pronósticos de captación de alumnos con sus intervalos

Método	Pronostico puntal	Intervalos de predicción	
		Límite inferior	Límite superior
Análisis de tendencia	2075	-	-
Descomposición Multiplicativo	2323	-	-
Suavizado Exp.Doble	2187	1867	2507
Holt-Winter's Modelo A	2142	1848	2435
Holt-Winter's Modelo B	2125	1798	2453
ARIMA (2,2,2) (2,1,2)	2079	1714	2504
ARIMA (1,2,1) (2,0,0)	2115	1809	2422

Tabla 4. Comparativa de pronósticos de ventas de créditos con sus intervalos

Modelo	Pronostico puntal	Intervalos de predicción	
		Límite inferior	Límite superior
Análisis de tendencia	70324	-	-
Descomposición Multiplicativo	76595	-	-
Suavizado Exp.Doble Modelo A	70682	60925	80439
Suavizado Exp.Doble Modelo B	68860	58927	78792
Holt-Winter's Modelo A	70897	61491	80303
Holt-Winter's Modelo B	68847	58263	79431
ARIMA (1,1,1) (0,0,0)	70330	60807	77937
ARIMA (1,1,1) (1,0,0)	68961	62026	79467

Tabla 5. Comparativa de valor real (2do. Semestre 2015) de captación de alumnos contra el pronosticado.

Metodo	Valor real de alumnos inscritos Semestre enero-mayo 2015	Pronostico puntal
Analisis de tendencia	2045	2075
Descomposición Multiplicativo	2045	2323
Suavizado Exp.Doble Modelo A	2045	2187
Holt-Winter's Modelo A	2045	2142
Holt-Winter's Modelo B	2045	2125
ARIMA (2,2,2) (2,1,2)	2045	2079
ARIMA (1,2,1) (2,0,0)	2045	2115

Tabla 5. Comparativa de valor real (2do. Semestre 2015) de captación de alumnos contra el pronosticado.

Modelo	Valor real de creditos vendidos Semestre enero-mayo 2015	Pronostico puntal
Analisis de tendencia	68839	70324
Descomposición Multilicativo	68839	76595
Suavizado Exp.Doble Modelo A	68839	70682
Suavizado Exp.Doble Modelo B	68839	68860
Holt-Winter's Modelo A	68839	70897
Holt-Winter's Modelo B	68839	68847
ARIMA (1,1,1) (0,0,0)	68839	70330
ARIMA (1,1,1) (1,0,0)	68839	68961

IV. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados observados de las medidas de exactitud y las tablas de pronósticos, podemos concluir que el mejor modelo que se desempeñó para los pronósticos de captación de alumnos es el Modelo ARIMA (2, 2, 2) (2, 1, 2) y para los pronósticos de ventas de créditos el Modelo ARIMA (1, 1, 1) (1, 0, 0), todo con un 95% de confiabilidad.

Otro modelo que podríamos tomar en cuenta es el modelo Holt-Winters Modelo B para captación de alumnos y de igual forma el Modelo B Holt-Winters para venta de créditos, el análisis dependerá de la experiencia y del buen juicio del analista y del conocimiento del comportamiento de los datos a lo largo de tiempo.

V. REFERENCIAS

- [1] J. E. Hanke y D. W. Wichern, «Capítulos 1 Introducción a los pronósticos y Capítulo 3 Exploración de patrones de datos,» de *“Pronósticos en los negocios, Mexico*, Editorial PEARSON Prentice Hall, 2006, pp. 1-12, 78-81.
- [2] M. M. d. J. Torres, «Itson,» 29 04 2014. [En línea]. Available: http://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no71/47a._pronosticos,_una_herramienta_clave_para_la_planeacion_de_las_empresas.pdf.
- [3] G. A. Borreguero, *Desarrollo de un proyecto car sharing*, Madrid: Departamento ICAI-Universidad Pontificia Comillas, 2011.
- [4] E. H. John y R. Arthur G., *Pronosticos en los negocios* 5ta Edición, Mexico: Editorial Pearson, 1996.
- [5] Á. R. J. Jiménez, L. Fernández Chuairy y P. J. R. U. A. d. I. H. Capó, «Modelos matemáticos para el pronóstico de indicadores, cuantitativos que miden la calidad de la educación superior en la carrera de agronomía de la Universidad Agraria de la Habana,» *Revista Investigación Operacional* , pp. 173-179, 2012.
- [6] E. Guzmán y A. Borrero, «Análisis de la matrícula estudiantil de la Escuela Básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes durante los años 2002–2007 haciendo uso de series de tiempo,» *Revista Ciencia e Ingeniería*, pp. 73-84, 2011.
- [7] Q. L. Rabby y J. B. A. Mary, «Enrollment Forecasting for School Management System,» *Internacional Journal of Modeling and Optimization* , vol. 2, n° 5, octubre 2012.
- [8] Sciencedomain internacional , «A mathematical modeling of school feeding programme in the asem - kumasi Cluster of Schools in Ashati Region of Ghana,» *British Journal of Mathematics & Computer Science* , vol. 4, n° 5, pp. 704-718, 2014.
- [9] Suhartono y S. G. Subanar, «A comparative study of forecasting models for trend and seasonal time series: does complex model always yield better forecast than simple models?,» *Jurnal Teknik Industri* , vol. 7, n° 1, pp. 22-30, junio 2005.
- [10] S. G. Subanar, «A comparative study of forecasting models for trend and seasonal time series: does complex model always yield better forecast than simple models ?,» *JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, pp. 22-30, 2005.
- [11] Grupo Editorial EMB, «Gerencia,» Junio 2012. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?xid=372>. [Último acceso: 18 Noviembre 2014].
- [12] R. S. Pindyck y D. L. Rubinfeld, «Capítulo 8, Pronósticos con un modelo de regresión de una sola ecuación,» de *Econometría, modelos y pronósticos*, México, D.F., Editorial McGraw Hill. México, 2001, pp. 211-234.
- [13] B. R. Bowerman, O'Connell y K. A., «Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión. Un enfoque aplicado,» de *Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión. Un enfoque aplicado*, México, Editorial Thomson, 2007, pp. 279-324.
- [14] J. Marin, «Ingeniería Industrial. Optimizando el futuro,» *ingenieria-industrial.net*, 19 Abril 2008. [En línea]. Available: <http://www.ingenieria-industrial.net/index.php?accion=1&id=83>. [Último acceso: 15 marzo 2015].
- [15] B. Bowerman y O'Connell, *Forecasting and Time Series: An Applied Approach* 3ra ed., Belmont, California: Duxbury Press, 1993.
- [16] Minitab Inc. , «Minitab Inc.,» *Quality. Analysis. Results.*, 2015. [En línea]. Available: <http://www.minitab.com/es-mx/support/documentation/>. [Último acceso: 05 Marzo 2015].
- [17] M. A. J. y L. F. Vázquez, *Compendio de Modelos Cuantitativos de Pronósticos: El primer paso en las decisiones tácticas, es predecir la demanda.*, AVGLatam, 2014.
- [18] J. Cryer, «Time Series Analysis,» Belmont, Duxbury Press, 1986, p. 269.
- [19] G. F. C. Camones, *Control de calidad en los procesos estadísticos. Una aproximación basada en los modelos ARIMA con Análisis de intervención*, Lima: Talleres de la Oficina Técnica de Administración del INEI, 2002.
- [20] J. V. Segura y Vercher, «A spreadsheet modeling approach to the Holt-Winters optimal forecasting,» *European Journal of Operational Research*, pp. 375-388, 2001.
- [21] M. J. Sánchez y J. Poveda, «Aplicación de los métodos Mars, Holt-Winters y ARIMA generalizado en el pronóstico de caudales medios mensuales en ríos de Antioquia,» *Meteorología Colombiana*, pp. 36-46, 2006.
- [22] R. M. Gijón Domínguez y R. Z. Adriana, «Pronóstico con Modelos ARIMA para los casos del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y la Acción de América Móvil (AM),» de *Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría*, -, 2013.
- [23] A. Antonio, A. G. Antonio y J. T. Francisco, *Métodos de Predicción en Economía (II): Análisis de Series Temporales*, Ariel, 1993.