

**EVALUACIÓN DE LA ESTACIONALIDAD EN SERIES DE TIEMPO PARA LA  
GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

**CESAR JULIO GOMEZ VILLAMARÍN**

**LINA FERNANDA SALAMANCA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

**EVALUACIÓN DE LA ESTACIONALIDAD EN SERIES DE TIEMPO PARA LA  
GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

**CESAR JULIO GOMEZ VILLAMARÍN**

**LINA FERNANDA SALAMANCA SÁNCHEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero civil**

**Director**

**GUILLERMO MEJÍA AGUILAR**

**Ingeniero civil, PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2017**

*A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.*

*A mis padres, Modesto y Eloísa, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han inculcado, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.*

*A mis hermanas, por estar siempre presentes, acompañándome para poder realizar este sueño.*

*A mi novia Lilíbeth Dayana Castañeda quien me ha dado motivación, inspiración y felicidad.*

*A mis amigos, Sebastián, Juan Camilo, Yudy, Andrey, Alejandro y compañera de tesis, Lina, que siempre estuvieron ahí en las buenas y en las malas y me acompañaron en el trayecto de este ciclo profesional. Los llevare siempre en mi memoria y espero conservar esa valiosa amistad.*

*Para triunfar en la vida, no es importante llegar primero, simplemente hay que llegar, levantándote cada vez que tropiezas en el camino.*

*Cesar Julio Gómez Villamarín  
Mayo 22 de 2017*

*A Dios y al Divino Salvador, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para lograr culminar mi formación profesional.*

*A mis padres, Manuel Antonio y Francly Stella, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, a quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de bien, a quienes nunca podré pagar ni con las riquezas más grandes del mundo.*

*A mis hermanas, Ana María y Gabriela, por estar conmigo y apoyarme siempre.*

*A Micho, por haber estado siempre ahí, apoyándome y dándome una voz de aliento en cada momento en el que pensaba desistir y por su constante confianza en mí.*

*A mis familiares, mi abuelito Gabriel por quererme tanto, mis tías y tíos, mis primas y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en este gran logro.*

*A mis amigos, Yeni, Diego, Cristian, Deysi, Estefanía, Yudy y mi compañero de tesis, Cesar, por apoyarnos mutuamente y compartir buenos y malos momentos.*

*A mi abuelita Emilia y mi primo Oscar, que quizás desaparecieron de mi vida, pero no de mi corazón.*

*Lina Fernanda Salamanca Sánchez  
Mayo 22 de 2017*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de esta investigación agradecen en primer lugar a Dios por brindar la sabiduría y por permitir llegar hasta donde se ha llegado. De antemano agradecen a sus padres, porque sin importar las dificultades presentadas en este camino, ofrecieron un apoyo constante, a la Universidad Industrial de Santander y sus docentes, en especial al Ph.D. Guillermo Mejía Aguilar, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado ser un guía excepcional en la elaboración de esta investigación y a todas las personas que aportaron un granito de arena en esta etapa de formación profesional.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	17
1. OBJETIVOS .....	19
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ESTACIONALIDAD .....	20
2.2. SERIES DE TIEMPO.....	20
2.2.1. Componentes de la serie de tiempo.....	21
2.3. METÓDOS PARA IDENTIFICAR LA ESTACIONALIDAD.....	25
2.4. MODELOS DE DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO.....	27
2.5. ÍNDICES ESTACIONALES.....	29
2.6. HERRAMIENTAS SPC.....	30
2.6.1. Gráficas de control .....	31
2.7. METODO DE PRONÓSTICO: PROMEDIOS MÓVILES SIMPLES.....	32
2.8. ERROR DE PRONÓSTICO.....	33
3. METODOLOGÍA.....	35
3.1. ETAPA 1: Análisis preliminar de datos .....	35
3.2. ETAPA 2: Análisis de herramientas SPC (Statistical Process Control) .....	35
3.3. ETAPA 3: Aplicación de las herramientas SPC escogidas.....	35

3.4. ETAPA 4: Validación de resultados .....	36
4. RESULTADOS GENERALES .....	37
4.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE DATOS .....	37
4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTACIONAL EN LOS DATOS .....	39
4.2.1. Identificación de la estacionalidad .....	39
4.2.2. Identificación de patrones estacionales .....	40
4.3. IDENTIFICACIÓN DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS, SEGÚN LA ESTACIONALIDAD Y GENERACIÓN DE SERIES. ....	43
4.4. PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE PRONÓSTICO .....	46
5. CONCLUSIONES .....	49
6. REFERENCIAS .....	51
BIBLIOGRAFIA .....	53
ANEXOS .....	55

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Índices estacionales sin ajustarse a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	41
Tabla 2. Índices estacionales ajustados a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.....	42
Tabla 3. Datos estadísticos para Índices estacionales ajustados a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.....	44
Tabla 4. Puntos máximos y mínimos para la serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	45
Tabla 5. Datos pronosticados y errores de pronóstico para la serie de tiempo de máximos y mínimos B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.....	46
Tabla 6. Datos pronosticados y errores de pronóstico para la serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	47

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Serie de tiempo B02165. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	21
Figura 2. Serie de tiempo con patrón de tendencia .....	22
Figura 3. Serie de tiempo con patrón estacional.....	22
Figura 4. Serie de tiempo con patrón estacionario.....	23
Figura 5. Serie de tiempo con patrón cíclico .....	24
Figura 6. Serie de tiempo con patrón aleatorio o irregular .....	24
Figura 7. Serie de tiempo con patrón estacional, observación directa .....	25
Figura 8. Subseries de tiempo con comportamiento anual .....	26
Figura 9. Correlograma para un patrón estacional.....	27
Figura 10. Serie de tiempo con variabilidad constante, Modelo Aditivo .....	28
Figura 11. Serie de tiempo con variabilidad creciente, Modelo Multiplicativo .....	29
Figura 12. Grafica de control para una serie de tiempo .....	32
Figura 13. Serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial ...	37
Figura 14. Análisis estadístico realizado con el software Minitab 17, serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial. ....	38
Figura 15. Correlograma realizado con el software Minitab 17, serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	38
Figura 16. Grafica año por año de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	40
Figura 17. Patrón estacional de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial. ....	43
Figura 18. Gráfica de control para el patrón estacional de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial .....	44

Figura 19. Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM of Texas  
Oklahoma, Línea Comercial. ....45

Figura 20. Pronóstico para la Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM  
of Texas Oklahoma, Línea Comercial.....47

Figura 21. Pronóstico de la Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM  
of Texas Oklahoma, Línea Comercial.....48

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Unidades de negocio, Área de mercado 17, Texas Oklahoma. ....	55
ANEXO B. Presentación del análisis estadístico de las series de tiempo.....	56
ANEXO C. Graficas año por año de las series de tiempo.....	57
ANEXO D. Patrones de estacionalidad para las series de tiempo.....	66
ANEXO E. Series de máximos y mínimos, pronósticos y errores de pronóstico...	72
ANEXO F. Pronósticos y errores de pronóstico de la serie original .....	81

## RESUMEN

**TITULO: EVALUACIÓN DE LA ESTACIONALIDAD EN SERIES DE TIEMPO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.\***

**AUTOR (ES):** CESAR JULIO GÓMEZ VILLAMARÍN \*\*  
LINA FERNANDA SALAMANCA SÁNCHEZ \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Pronóstico, Serie de Tiempo, Estacionalidad, Índices Estacionales, Residuos Sólidos Comerciales.

### **DESCRIPCIÓN:**

El crecimiento demográfico acelerado que se presenta en la actualidad, crea un incremento considerable en la generación de los residuos sólidos, dado que los seres humanos somos consumidores de productos a gran escala y como consecuencia de esto, se genera un impacto constante en la sociedad y en el medio ambiente. Considerando la importancia de este tema, las organizaciones se han encargado de reunir información sobre los residuos sólidos. Sin embargo, mucha de esta información debe ser analizada con más detalle para que a partir de ella se puedan tomar líneas de acción más concretas. Hoy en día, los pronósticos juegan un papel importante en las diferentes organizaciones, dado que estos ayudan a la toma de decisiones para tener un futuro menos incierto.

El presente estudio evalúa la influencia del fenómeno de estacionalidad en las series de tiempo, sobre el nivel de precisión de los pronósticos. Los datos con los cuales se realizó este estudio se tomaron de la información generada por la producción de residuos sólidos comerciales provenientes de los estados de Texas y Oklahoma, Estados Unidos, desde el año 2004 hasta el año 2015. En este proceso se emplean métodos estadísticos que contribuyen a realizar un análisis de información apropiado. Contar con pronósticos adecuados, que tomen en cuenta el factor estacionalidad, ayudará a las diferentes empresas encargadas de la administración, recolección y disposición de los residuos sólidos a diseñar estrategias inmediatas para cubrir necesidades de un futuro inmediato.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ingeniero Civil, PhD.

## ABSTRACT

**TITLE: EVALUATION OF THE SEASONALITY IN TIME SERIES FOR THE SOLID WASTE MANAGEMENT.\***

**AUTHOR (S):** CESAR JULIO GÓMEZ VILLAMARÍN \*\*  
LINA FERNANDA SALAMANCA SÁNCHEZ \*\*

**KEYWORDS:** Forecasting, Time Series, Seasonality, Seasonal Indexes, Commercial Solid Waste.

### **DESCRIPTION:**

The accelerated demographic growth that is present today, creates a considerable increase in the generation of solid waste, given that we as human beings consume goods at a large scale, and as a result this will have a constant impact on society and the environment. Taking into account the importance of this topic, organizations have compiled information on solid waste. However, this information needs to be analyzed in detail in order to take concrete actions. Nowadays, forecasts play an important role in different organizations, as these helps to make decisions by reducing the uncertainty of the future.

This study evaluates the effects that the seasonality phenomenon has in the time series, on the precisions at the forecast level. The data for this study was taken from the information generated by the production of commercial solid waste from the states of Texas and Oklahoma, in the USA, from 2004 to 2015. In this process, statistical methods were used to create an appropriate analysis for the information collected. Using adequate forecasting models that take into account the seasonality factor(s) will help the different companies in charge of the administration, collection and disposal of solid waste to design immediate strategies to cover needs of an eminent future

---

\* Graduation Project

\*\* Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Civil Engineer, PhD.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo cambia de una manera acelerada y cada vez más compleja, aumentando la necesidad de predecir las condiciones futuras para poder realizar planes y tomar decisiones. La proyección de datos para conocer el comportamiento futuro de alguna variable con algún grado de certeza, nos ayuda a descubrir patrones y tendencias, lo que permite realizar pronósticos.

Los pronósticos presentan la extensión de las experiencias del pasado al futuro incierto. De ahí, la suposición de que las condiciones que generaron los datos anteriores son indistinguibles de las condiciones futuras. Las técnicas para realizar un pronóstico se llevan a cabo en cuatro etapas: recolección de datos, reducción o condensación de datos, construcción del modelo y extrapolación del modelo o pronóstico.

La recolección de datos se llevó a cabo por una empresa que tiene sus operaciones en Estados Unidos a partir de eventos reales, los cuales están relacionados con la generación de residuos sólidos en el área comercial. Para este estudio se garantizó confidencialidad de los datos, por lo cual nos referiremos de manera anónima a la empresa. Dichos datos, han presentado una inestabilidad creando la necesidad de indagar, analizar e identificar métodos estadísticos para el procesamiento apropiado de la información, con la intención de elaborar un pronóstico acertado a la hora de planear y tomar decisiones en la ejecución de un proyecto, pues la mayoría de las organizaciones viven en constante incertidumbre.

Una de las principales inestabilidades que se ha venido presentando ha sido la estacionalidad en los datos. El estudio de la estacionalidad permite analizar mejor la tendencia de una variable sin dejarse influenciar de eventos repetitivos dentro del

periodo para así poder obtener diagnósticos correctos. Este estudio tiene como propósito analizar la influencia de este factor en las diferentes series de tiempo generadas a partir de los datos históricos relacionados con la gestión de los residuos sólidos comerciales, lo cual permite obtener conclusiones que nos ayudan a realizar un pronóstico acertado.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es analizar la estacionalidad en las series de tiempo y generar pronósticos que permitan tomar decisiones para ejecutar una administración eficiente en una organización.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar patrones de estacionalidad en las series de tiempo
  
- Identificar patrones de estacionalidad de los valores máximos y mínimos en las series de tiempo
  
- Proponer los mejores pronósticos a corto plazo según la estacionalidad.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Dado que el tema de enfoque de este trabajo está centrado en la estacionalidad que se presenta en las series de tiempo, a continuación se realiza una descripción sobre el papel que desarrolla la estacionalidad en las series de tiempo, sus patrones de comportamiento, las diferentes técnicas que se utilizan para encontrar dichos patrones y finalmente la realización de un pronóstico acertado.

### **2.1. ESTACIONALIDAD**

La estacionalidad, es un comportamiento o patrón que se repite año tras año en periodos específicos del calendario poco más o menos con la misma intensidad. Las observaciones en las mismas fechas o periodos estacionales tienden a estar relacionadas. La estacionalidad solo se puede ver en series de tiempo que se miden con una frecuencia mensual, bimestral, trimestral, etc., pero no anual ya que no hay posibilidades de modelar un patrón dentro de un año con los datos registrados una sola vez en ese lapso [1].

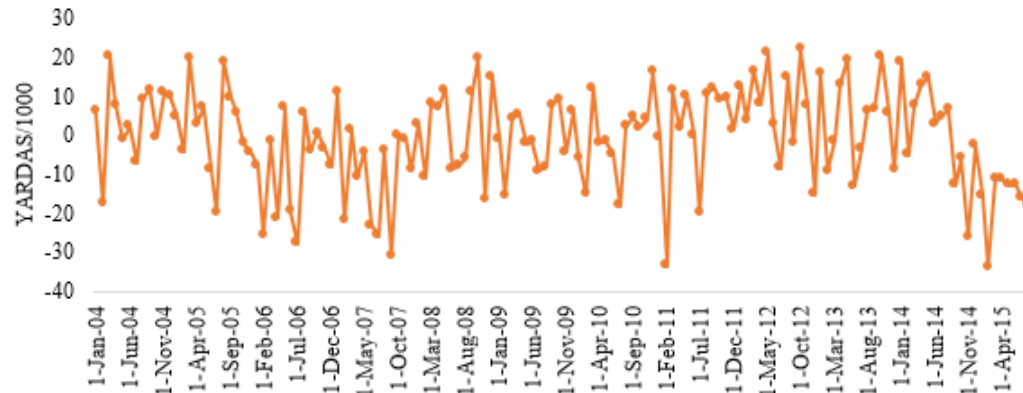
Se han desarrollado diversos métodos para medir la variación estacional. La idea básica de todos estos métodos es, primero, estimar y eliminar la tendencia de la serie original y, después, suavizar el componente irregular. Teniendo en mente todos los modelos de descomposición, esto deja datos que solo contienen variación estacional. Los valores estacionales se recopilan y se resumen para producir un número, generalmente un índice, para cada intervalo observado del año [2].

### **2.2. SERIES DE TIEMPO**

Por serie de tiempo nos referimos a datos estadísticos que se recopilan, observan o registran en intervalos de tiempo regulares (diario, semanal, mensual, semestral,

anual, entre otros.) [3]. En la figura 1, se muestra una gráfica que representa las observaciones recopiladas en un intervalo de tiempo mensual desde el año 2004 hasta el año 2015 de la línea comercial del presente trabajo.

Figura 1. Serie de tiempo B02165. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.

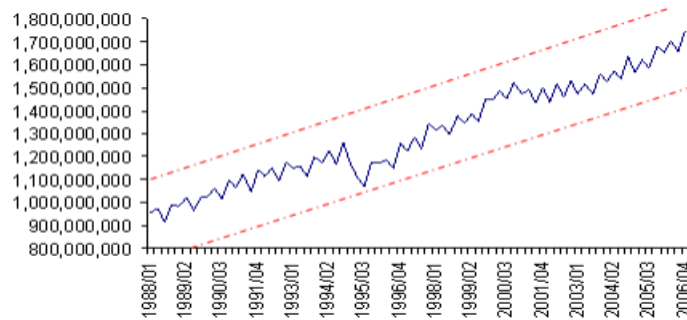


### 2.2.1. Componentes de la serie de tiempo

Una serie de tiempo puede estar compuesta por diferentes patrones. Los cuatro tipos básicos de variación o patrón, que sobrepuestos o actuando en concierto, contribuyen a los cambios observados en un periodo de tiempo son: tendencia, estacional, estacionario y cíclico.

- Tendencia: se presenta cuando las series crecen o decrecen constantemente sobre un largo periodo de tiempo [4].

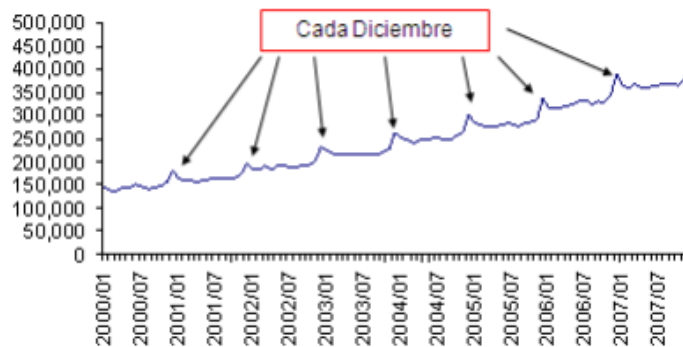
Figura 2. Serie de tiempo con patrón de tendencia



Fuente: MONTEMAYOR GALLEGOS, J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones_tiempo.pdf)

- Estacional: patrón de cambio más o menos estable que aparece anualmente y se repite con esa periodicidad [4].

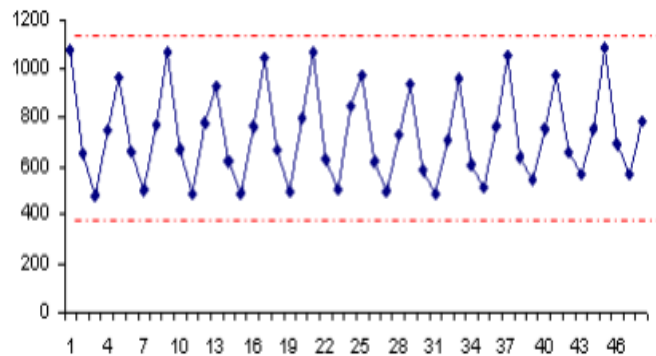
Figura 3. Serie de tiempo con patrón estacional



Fuente: MONTEMAYOR GALLEGOS, J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones_tiempo.pdf)

- Estacionario: cuando los valores a través del tiempo oscilan alrededor de un nivel constante o medio [4].

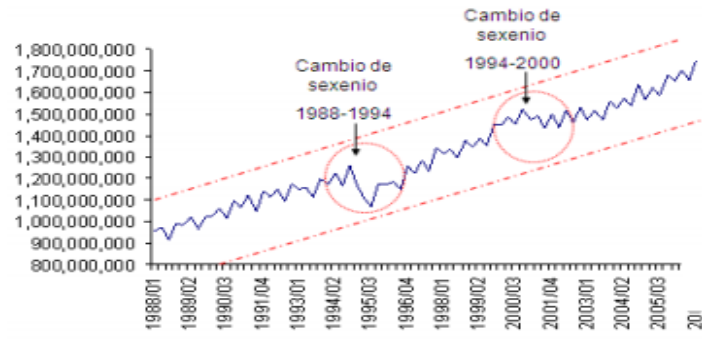
Figura 4. Serie de tiempo con patrón estacionario



Fuente: MONTEMAYOR GALLEGOS, J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones_tiempo.pdf)

- Cíclico: es una serie de fluctuaciones o ciclos de más de dos años de duración. Debe existir patrón de tendencia en la serie para que se presente el patrón cíclico. [1].

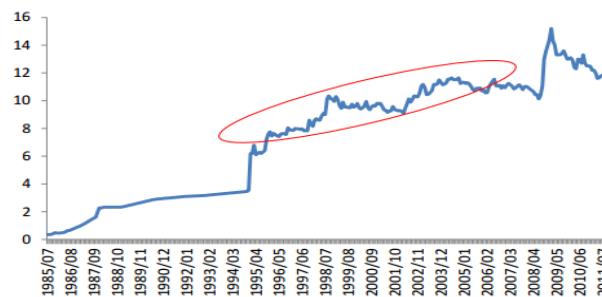
Figura 5. Serie de tiempo con patrón cíclico



Fuente: MONTEMAYOR GALLEGOS, J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patroness\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patroness_tiempo.pdf)

Las variaciones irregulares se presentan en los patrones horizontales, de tendencia y estacionalidad, pero dado que son cambios a corto plazo y que presentan fluctuaciones bastante aleatorias, es difícil moldearlas matemáticamente y por consecuencia no se proyectan al futuro para realizar pronósticos [4].

Figura 6. Serie de tiempo con patrón aleatorio o irregular



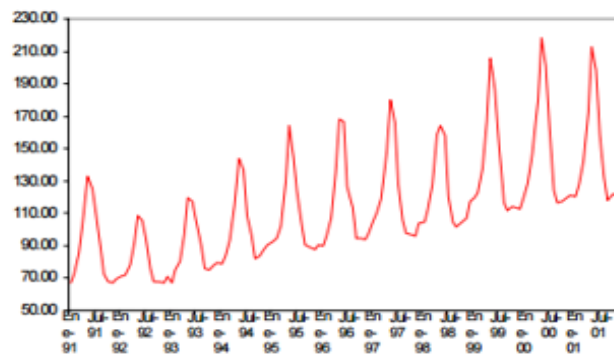
Fuente: MONTEMAYOR GALLEGOS, J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patroness\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patroness_tiempo.pdf)

### 2.3. METÓDOS PARA IDENTIFICAR LA ESTACIONALIDAD

Para identificar la estacionalidad existen tres métodos gráficos: la observación directa de la serie de tiempo, la gráfica año por año de la serie de tiempo y las autocorrelaciones.

- Observación directa de la serie de tiempo: en algunas ocasiones la sola observación de la serie nos permitirá decir, como una primera aproximación, si presenta estacionalidad o no [1]. Se deben tener en cuenta ciertos criterios como lo son: las observaciones que repiten su comportamiento en la misma temporada del año durante un largo periodo de tiempo y que este comportamiento solo se presenta en series que se miden con frecuencia mensual, bimestral, trimestral, etc., pero no anual.

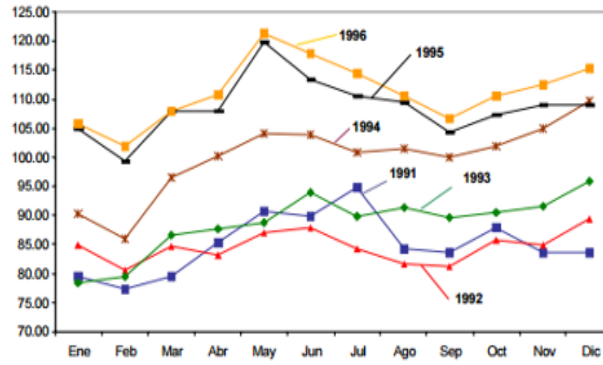
*Figura 7. Serie de tiempo con patrón estacional, observación directa*



*Fuente:* CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Desestacionalización de series económicas. Lima, Junio 2002. [En línea]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0514/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0514/Libro.pdf)

- Grafica de la serie año por año: esto nos permite observar de mejor manera si existe un comportamiento sistemático que se presenta al interior de cada año y se repite anualmente [1].

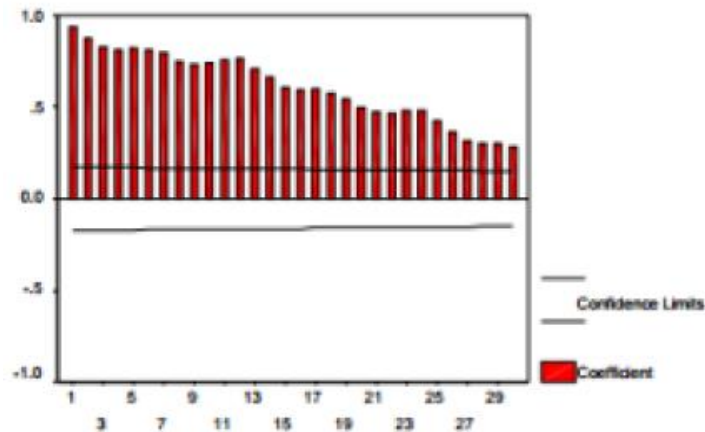
Figura 8. Subseries de tiempo con comportamiento anual



Fuente: CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Desestacionalización de series económicas. Lima, Junio 2002. [En línea]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digiales/Est/Lib0514/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib0514/Libro.pdf)

- Análisis de Autocorrelación: Se define como la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma. Si una serie tiene un patrón estacional, se dará un importante coeficiente de autocorrelación en el retraso de tiempo estacional o en múltiplos de este. El retraso estacional se considera de cuatro para datos trimestrales y de doce para datos mensuales. La grafica de las autocorrelaciones para varios retrasos de tiempo de una serie de tiempo se denomina correlograma o función de autocorrelación [2].

Figura 9. Correlograma para un patrón estacional



**Fuente:** CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Desestacionalización de series económicas. Lima, Junio 2002. [En línea]. Disponible en: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib0514/Libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib0514/Libro.pdf)

#### 2.4. MODELOS DE DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO

La descomposición de una serie de tiempo ayuda a identificar los factores que influyen en cada valor de dicha serie. Las proyecciones de cada componente se pueden combinar para producir pronósticos de valores futuros de una serie de tiempo. Los métodos de descomposición se utilizan para los pronósticos de corto y largo plazos [2].

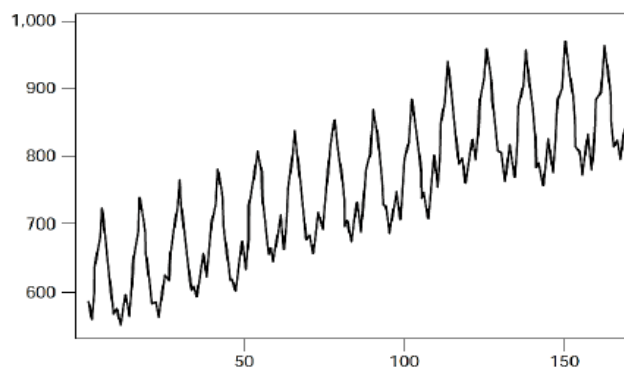
Para estudiar los componentes de una serie de tiempo, se debe considerar la manera en que se relacionan los componentes con la serie original. Existen dos modelos que expresan la variable  $Y_t$  de la serie de tiempo en términos de los componentes  $T_t$  (Tendencia),  $C_t$  (Cíclico),  $S_t$  (Estacional) e  $I_t$  (Irregular). Un modelo aditivo, que trata a los valores de la serie de tiempo como la suma de sus

componentes y un modelo multiplicativo, que trata a los valores de la serie de tiempo como el producto de sus componentes [2].

El modelo aditivo funciona mejor cuando la serie de tiempo tiene aproximadamente la misma variabilidad a lo largo de la serie. Es decir, todos los valores de la serie de tiempo caen esencialmente dentro de una banda de anchura constante que se centra sobre la tendencia [2].

$$Y_t = T_t + S_t + I_t \quad (1)$$

*Figura 10. Serie de tiempo con variabilidad constante, Modelo Aditivo*

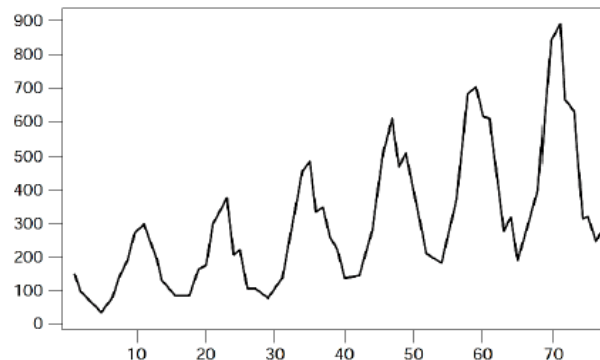


*Fuente:* HANKE John E. & WICHERN Dean W. (2006). Pronósticos en los negocios (8a ed). Mexico, D.F: Pearson Education, Inc. p.160

El modelo multiplicativo funciona mejor cuando la variabilidad de la serie de tiempo se incrementa al aumentar el nivel. Es decir, los valores de la serie se extienden en la medida que se incrementa la tendencia [2].

$$Y_t = T_t * S_t * I_t \quad (2)$$

Figura 11. Serie de tiempo con variabilidad creciente, Modelo Multiplicativo



Fuente: HANKE John E. & WICHERN Dean W. (2006). Pronósticos en los negocios (8a ed). Mexico, D.F: Pearson Education, Inc. p.160

Para el desarrollo de este estudio, se utilizó una descomposición multiplicativa, ya que los componentes de la serie se encuentran interrelacionados. Un aumento en el nivel de la tendencia – ciclo ocasiona un aumento en la amplitud estacional.

## 2.5. ÍNDICES ESTACIONALES

Los índices estacionales o números índices son porcentajes que muestran los cambios a través del tiempo. Estos muestran cuales periodos del año son relativamente bajos y cuales son relativamente altos [2]. Los índices estacionales describen el patrón estacional presentado en la serie de tiempo.

Estos índices o porcentajes tienen un promedio anual de 100%, es decir, un índice estacional del 94% para un mes particular significa que el nivel esperado de actividad para ese mes es 6% inferior al promedio anual y un índice estacional del 108% para un mes particular significa que el nivel esperado de actividad para ese mes es 8% adicional al promedio anual [4]. Los índices estacionales mensuales de cada año deben sumar 12.

El método usado para determinar estos índices se llama método de promedio móvil centrado y elimina los componentes de tendencia, cíclico e irregular, dejando datos que solo contienen variación estacional.

## **2.6. HERRAMIENTAS SPC**

Las herramientas SPC (Statistical Process Control) son métodos de control de procesos estadísticos orientados a detectar variaciones en un proceso de producción y permite tomar acciones correctivas oportunas con el fin de mejorar la calidad del producto obtenido. Utiliza herramientas poderosas que procesan instantáneamente la información recogida y alertan ante cualquier señal de anomalía en el proceso [6].

Deben implementarse en aquellos lugares en los que realmente sea posible efectuar actuaciones como consecuencia de la información obtenida. Estas herramientas contribuyen a la reducción de los costos en las organizaciones dado que se enfocan en la minimización de la variación [6].

Todos los parámetros SPC son configurables, permitiendo así su adecuación a las características de cualquier tipo de producto y proceso de fabricación utilizados en una organización, incluso para las formas de producción en serie o continua. Incorpora herramientas de organización, clasificación y búsqueda, que proporcionan un acceso simple e inmediato a los datos en forma de planillas y gráficos, permitiendo evaluar críticamente el grado de adecuación de los procesos en relación al objetivo especificado [6].

Para la realización de este proyecto se implementó las gráficas de control. Esta herramienta permite usar criterios objetivos para distinguir variaciones de fondo de

eventos de importancia. Casi toda su potencia está en la capacidad de monitorear el centro de su proceso y su variación.

### **2.6.1. Gráficas de control**

Una gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición [7].

Se dice que un proceso es estable cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio. En esta condición se pueden hacer inferencias con respecto a la salida del proceso, esto es, la característica de calidad que se esté midiendo. En cambio, la presencia de causas especiales o asignables hace que el proceso se desestabilice, impidiendo la predicción de su comportamiento futuro [7].

La estructura de las gráficas de control contiene una línea central (LC) que se puede considerar como la media del conjunto de datos, una línea superior de control (LSC) y una línea inferior de control (LIC). Los puntos contienen información sobre las lecturas hechas; pueden ser promedios de grupos de lecturas, o sus rangos, o bien las lecturas individuales mismas. Los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que caigan los puntos [7].

Para este estudio, se estableció que los límites de control se trazaran a una desviación estándar por encima y por debajo de la línea central, con el fin de buscar la mínima variación en el proceso. A mayor desviación estándar, mayor será la variación del proceso.

Figura 12. Grafica de control para una serie de tiempo



Fuente: Gráfica de control. [En línea]. Disponible en: <http://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>

## 2.7. METÓDO DE PRONÓSTICO: PROMEDIOS MÓVILES SIMPLES

El método de promedios móviles simples presupone que tanto la tendencia como la estacionalidad tienen un comportamiento dinámico con el paso del tiempo.

Este método utiliza la media de todos los datos para hacer el pronóstico. Se puede especificar un número constante de puntos de datos al inicio y se puede calcular una media para las observaciones más recientes. Conforme se tienen nuevas observaciones, se calcula una nueva media al sumar el valor más reciente y al eliminar el más antiguo. Un promedio móvil de orden  $k$ , se calcula mediante [2]:

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (3)$$

Donde:

$\hat{Y}_{t+1}$  = Valor pronosticado para proximo periodo

$Y_t$  = Valor real en el periodo  $t$

$k$  = Numero de terminos en el promedio movil

La técnica de los promedios móviles solo maneja los últimos periodos de datos conocidos; el número de puntos de datos en cada promedio no cambia al pasar el tiempo [2].

El analista debe apelar a su juicio cuando determine sobre cuantos días, semanas, meses o trimestres debe basarse el promedio móvil. Cuanto menor sea el número, mayor peso se les dará a los periodos recientes. Por el contrario, cuanto mayor sea el número, se les dará menos peso a los periodos más recientes [2].

Los promedios móviles se usan con frecuencia en datos trimestrales o mensuales para ayudar a suavizar los componentes dentro de una serie de tiempo [2].

## 2.8. ERROR DE PRONÓSTICO

Se han creado diversos métodos para resumir los errores generados por una técnica de pronóstico específica. La mayoría de estas medidas son el promedio de alguna función de la diferencia entre el valor real y de pronóstico. Estas diferencias se conocen como residuales [2].

Para calcular el error de pronóstico o residual de cada periodo pronosticado se utiliza la siguiente ecuación **[2]**:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (4)$$

Donde:

$e_t$  = error de pronóstico en el periodo  $t$

$Y_t$  = Valor real en el periodo  $t$

$\hat{Y}_t$  = Valor de pronóstico para el periodo  $t$

### **3. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos presentados anteriormente, se desarrolló una metodología distribuida en cuatro etapas:

#### **3.1. ETAPA 1: Análisis preliminar de datos**

En esta etapa se realizó el proceso de inspeccionar y limpiar datos con el objetivo de resaltar información útil. Se llevó a cabo el análisis estadístico de los datos, utilizando Excel® y el paquete estadístico Minitab17® y se generaron las series de tiempo que permiten estudiar la evolución de la demanda de los residuos sólidos en cada uno de los meses del periodo estudiado.

#### **3.2. ETAPA 2: Análisis de herramientas SPC (*Statistical Process Control*)**

En esta fase se hace revisión y consulta de material bibliográfico referente a patrones de estacionalidad presentados en una serie de tiempo y se explora sobre métodos empleados para identificarla.

#### **3.3. ETAPA 3: Aplicación de las herramientas SPC escogidas**

Con base en los resultados de los análisis exploratorios se procedió a seleccionar los métodos más adecuados para lograr identificar, evaluar la estacionalidad en los datos y generar un pronóstico acertado. Los análisis dieron como resultado que los métodos más adecuados son el método de los promedios móviles centrados e índices estacionales para lograr identificar los patrones de estacionalidad, las gráficas de control para identificar los puntos máximos y mínimos en la serie de tiempo y el método de los promedios simples para generar un pronóstico acertado.

Los pasos a seguir para aplicar estos métodos se describen a continuación:

En primer lugar, se verifico que las series de tiempo tuvieran un comportamiento estacional para lo cual se utilizó el metodo de las gráficas de año por año para cada serie de tiempo.

Habiendo confirmado dicho comportamiento, se procedió a trabajar con el método de los promedios móviles centrados para generar los índices estacionales y así encontrar el patrón estacional de la serie de tiempo.

A continuación, se aplicaron los límites de control que permiten distinguir causas especiales comunes de variación a través de la media y la desviación estándar, para así conocer los valores máximos y mínimos en la serie de tiempo.

Luego, creando series de máximos y mínimos, se procede a la aplicación del método de los promedios móviles simples para la generación del pronóstico.

#### **3.4. ETAPA 4: Validación de resultados**

Para esta etapa se procedió a la evaluación del pronóstico. Se comparó un pronóstico realizado con la serie original de datos y otro pronóstico realizado con la serie de datos de máximos y mínimos, para lograr evidenciar si la estacionalidad afecta drásticamente la serie de tiempo o no. La validación de los resultados se realizó con una ventana de tiempo de dos años y teniendo en cuenta el error de pronóstico.

## 4. RESULTADOS GENERALES

A continuación se presentan los resultados del estudio realizado, siguiendo la metodología planteada.

### 4.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE DATOS

En el presente estudio se analizaron datos de la línea comercial de la empresa, específicamente del área de mercado No. 17 que corresponde a la zona de Texas, Oklahoma en Estados Unidos. Esta área está compuesta por 17 unidades de negocio. Los datos están expresados en yarda cubicas (Ver Anexo A). En la figura 13 se presenta la serie de tiempo para la unidad de negocio B00394.

Se realizó un análisis estadístico de cada unidad de negocio con el software Minitab17® y Excel®. En las figuras 14 y 15 se presenta el proceso realizado con la línea comercial L1-M17-B00394.

*Figura 13. Serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.*

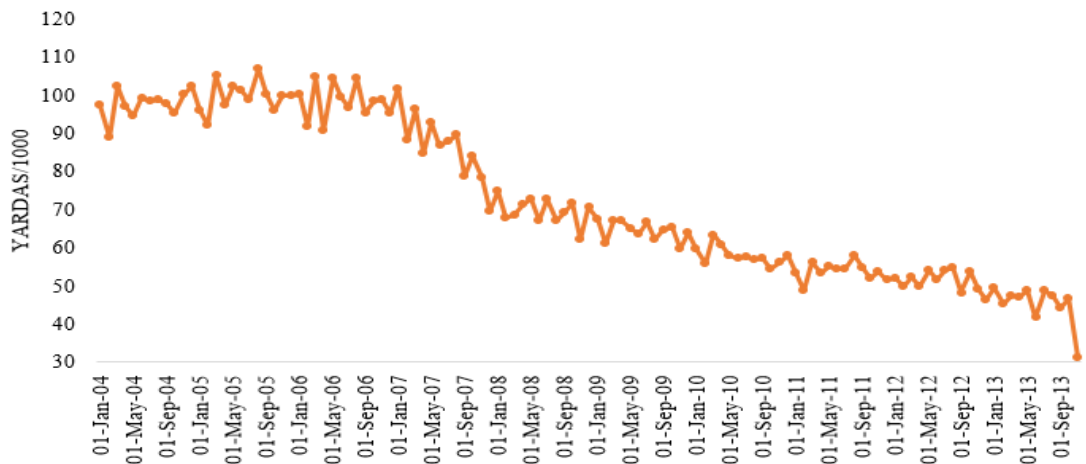


Figura 14. Análisis estadístico realizado con el software Minitab 17, serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.

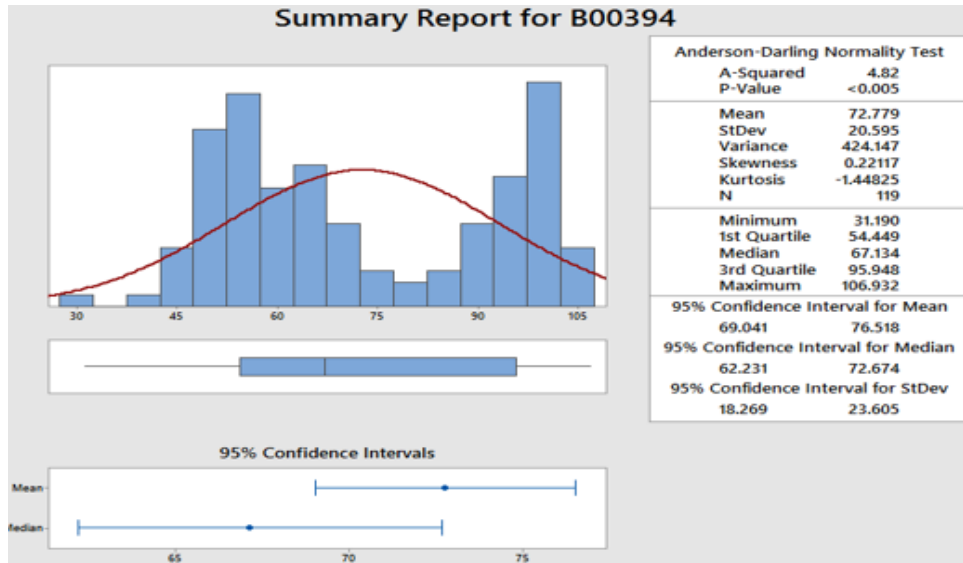
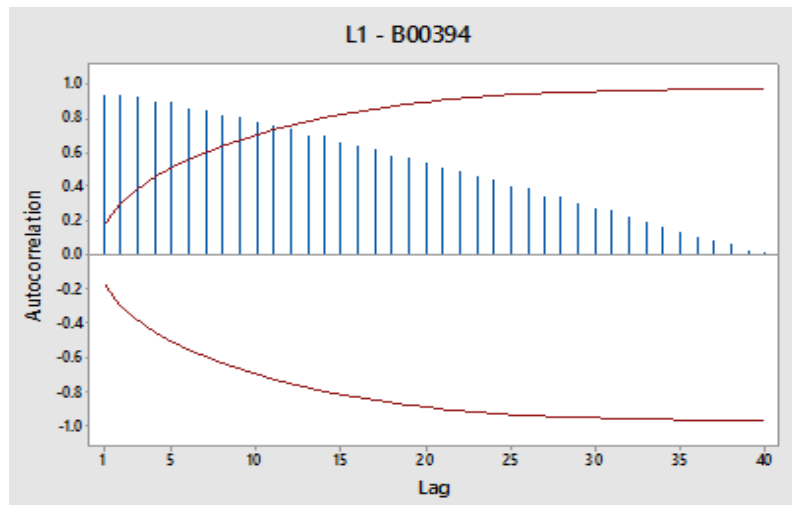


Figura 15. Correlograma realizado con el software Minitab 17, serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.



En el anexo B, se puede observar la presentación que se utilizó para el análisis estadístico de todas las unidades de negocio del área de mercado 17.

## **4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTACIONAL EN LOS DATOS**

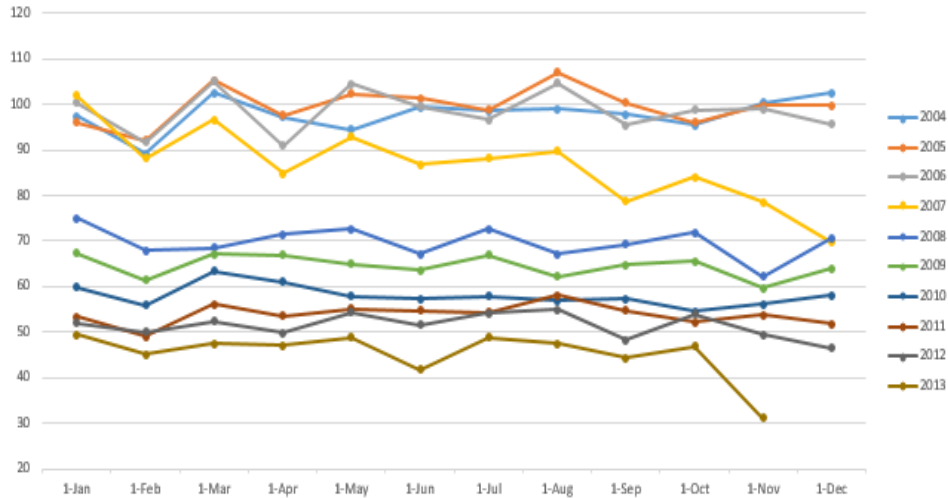
Gracias a la revisión y a la consulta de material bibliográfico, se realizó un análisis a los datos en donde se encontraron patrones estacionales y se llevó a cabo un estudio de todos los factores que intervienen en este comportamiento.

### **4.2.1. Identificación de la estacionalidad**

La identificación de este patrón en las series de tiempo se llevó cabo con los criterios establecidos en la sección 2.3, en donde se describen los diferentes métodos para identificar la estacionalidad en las series de tiempo. Para realizar este proceso se utilizó el programa Excel®. La información para cada serie de tiempo se presenta en el Anexo C.

En la figura 16 se presenta el proceso realizado con la línea comercial L1-M17-B00394 para identificar la estacionalidad. Se puede observar que en el mes de febrero se presenta una reducción en el volumen de los residuos sólidos y en el mes de marzo un aumento de los mismos. Este comportamiento se está repitiendo año tras año por lo cual, se establece que si se presenta estacionalidad en la serie de tiempo.

Figura 16. Grafica año por año de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.



#### 4.2.2. Identificación de patrones estacionales

Para encontrar el patrón estacional en las series de tiempo, se implementó el criterio expuesto en la sección 2.5, donde se describe el concepto de índice estacional.

El primer paso para los datos mensuales consiste en calcular un promedio móvil de 12 meses ubicando el resultado entre junio y julio. A continuación, se calcula un total móvil de dos años de manera que los promedios subsecuentes estén centrados en julio en lugar de que esto ocurra entre uno y otro mes. El proceso termina cuando el total móvil a 12 meses ya no se puede calcular.

Dividiendo la móvil centrada entre el dato original, se obtienen los índices estacionales. Puesto que hay varios estimados, que corresponden a distintos años, del índice estacional para cada mes, estos se deberán concentrar para producir un número único. La mediana, se utiliza para emplear esta medida. El uso de la

mediana elimina la influencia de los datos inusualmente grandes o pequeños para un mes en un año determinado.

Dado que los índices estacionales mensuales deben sumar 12, las medianas para cada mes deberán ajustarse para obtener la serie final de los índices estacionales. Puesto que este multiplicador debe ser mayor que 1 si el total de las proporciones de la mediana antes del ajuste es menor a 12, y menor a 1 si el total fuera mayor que 12, el multiplicador se define como:

$$\text{Multiplicador} = \frac{12}{\text{Total actual}} \quad (5)$$

Realizando la gráfica de los índices estacionales ajustados a la mediana, se obtiene el patrón estacional de la serie de tiempo.

La tabla 1, muestra los índices estacionales de la línea comercial L1-M17-B00394 sin ajustarse a la mediana.

*Tabla 1. Índices estacionales sin ajustarse a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial*

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Enero</b>		0.970	1.009	1.076	0.995	1.01	0.977	0.970	0.983	1.016
<b>Febrero</b>		0.927	0.924	0.941	0.920	0.92	0.923	0.891	0.948	0.938
<b>Marzo</b>		1.054	1.062	1.045	0.946	1.02	1.057	1.023	1.001	0.996
<b>Abril</b>		0.977	0.920	0.930	0.999	1.02	1.029	0.979	0.956	0.996
<b>Mayo</b>		1.024	1.056	1.035	1.034	1.00	0.987	1.012	1.042	1.058
<b>Junio</b>		1.016	1.009	0.990	0.964	0.98	0.984	1.009	0.998	
<b>Julio</b>	1.008	0.989	0.981	1.031	1.047	1.04	1.001	1.010	1.055	
<b>Agosto</b>	1.012	1.069	1.063	1.073	0.976	0.98	0.996	1.078	1.075	
<b>Septiembre</b>	0.997	1.004	0.974	0.965	1.012	1.02	1.011	1.021	0.954	
<b>Octubre</b>	0.973	0.962	1.014	1.052	1.054	1.04	0.973	0.977	1.072	
<b>Noviembre</b>	1.017	1.003	1.024	1.003	0.920	0.96	1.012	1.009	0.988	
<b>Diciembre</b>	1.036	1.003	0.999	0.908	1.052	1.04	1.051	0.976	0.942	

La tabla 2, presenta los índices estacionales ajustados a la mediana de la línea comercial L1-M17-B00394 gracias al factor multiplicador:

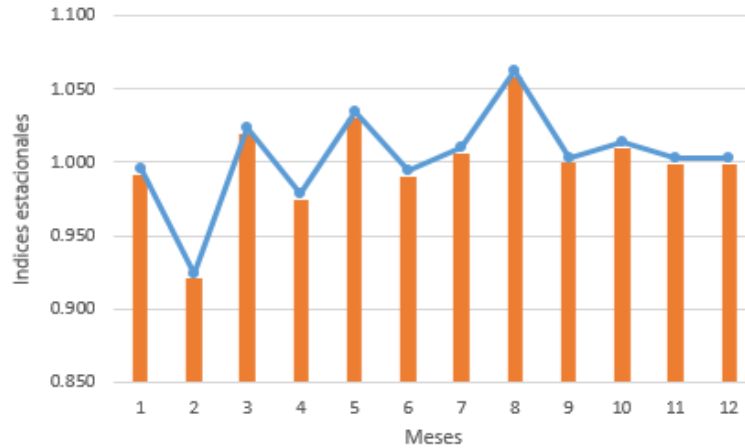
$$\text{Multiplicador} = \frac{12}{12.045} = 0.996 \quad (6)$$

*Tabla 2. Índices estacionales ajustados a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.*

Mediana	Índice estacional ajustado a la mediana
0.995	0.992
0.924	0.921
1.023	1.019
0.979	0.975
1.034	1.030
0.994	0.990
1.010	1.006
1.063	1.059
1.004	1.000
1.014	1.010
1.003	0.999
1.003	0.999
<b>12.045</b>	<b>12</b>

A continuación, se presenta la gráfica de los índices estacionales, dando como resultado el patrón estacional.

Figura 17. Patrón estacional de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.



Este patrón estacional es similar para todas las unidades de negocio de la línea comercial del área de mercado de Texas Oklahoma. En el anexo D, se pueden encontrar los patrones estacionales correspondientes a cada serie de tiempo.

#### 4.3. IDENTIFICACIÓN DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS, SEGÚN LA ESTACIONALIDAD Y GENERACIÓN DE SERIES.

Para generar las series de máximos y mínimos, se utilizaron los límites de control.

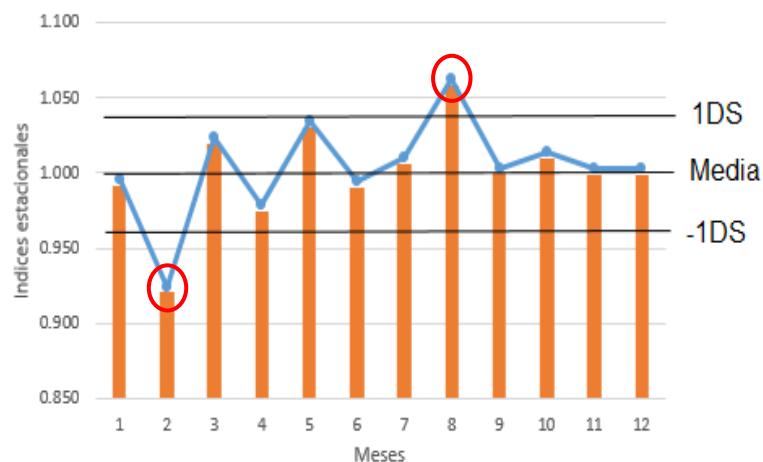
En primer lugar, se encontró la media de los datos y luego, a partir de este parámetro, se trazaron los límites de control superior e inferior a una desviación estándar.

A continuación se muestra el proceso realizado con la misma unidad de negocio que se ha venido trabajando. En la tabla 3, se presentan los parámetros que se tuvieron en cuenta para el planteamiento de la gráfica de control y en la figura 18 se presenta la gráfica de control.

Tabla 3. Parámetros estadísticos para Índices estacionales ajustados a la mediana, serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.

<b>Media</b>	<b>1.000</b>
<b>DS</b>	<b>0.033</b>
<b>+1DS</b>	<b>1.033</b>
<b>-1DS</b>	<b>0.967</b>

Figura 18. Gráfica de control para el patrón estacional de la serie de tiempo B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial



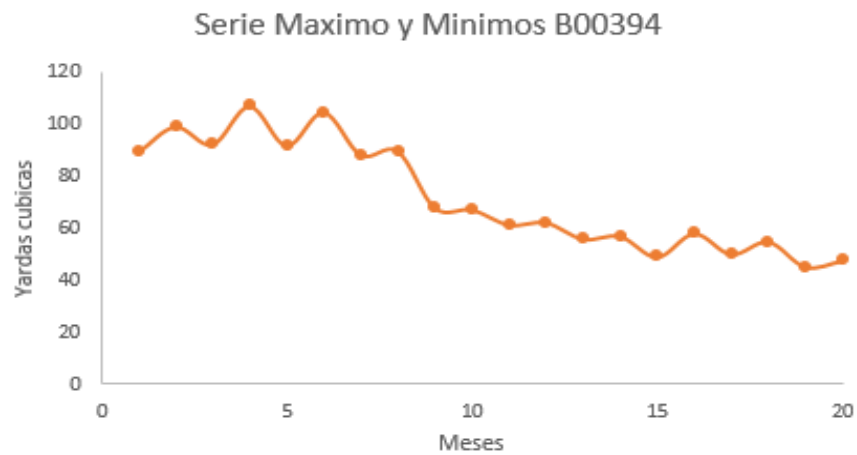
Los datos encontrados por fuera de los límites de control planteados se consideran puntos máximos o puntos mínimos, según corresponda. Luego de hallados estos puntos, se identifica a qué mes corresponden y se genera una nueva serie de tiempo con los datos de la serie original que solo contenga estos puntos.

A continuación se muestra el proceso realizado. La tabla 4 presenta los meses a los cuales corresponden los puntos máximos y mínimos hallados en la gráfica de control; los datos resaltados en color verde, hacen referencia a los mínimos y los resaltados en rojo a los máximos y la figura 19 presenta la serie generada de máximos y mínimos.

Tabla 4. Puntos máximos y mínimos para la serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial

Mes	Mediana	Indice estacional ajustado a la mediana
Enero	0.995	0.992
Febrero	0.924	0.921
Marzo	1.023	1.019
Abril	0.979	0.975
Mayo	1.034	1.030
Junio	0.994	0.990
Julio	1.010	1.006
Agosto	1.063	1.059
Septiembre	1.004	1.000
Octubre	1.014	1.010
Noviembre	1.003	0.999
Diciembre	1.003	0.999
Total	12.045	12

Figura 19. Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.



#### 4.4. PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE PRONÓSTICO

Para elaborar el pronóstico, se utilizó el método de promedios móviles simples que se describe en la sección 2.7 y para su evaluación se utilizó el criterio de error de pronóstico planteado en la sección 2.8.

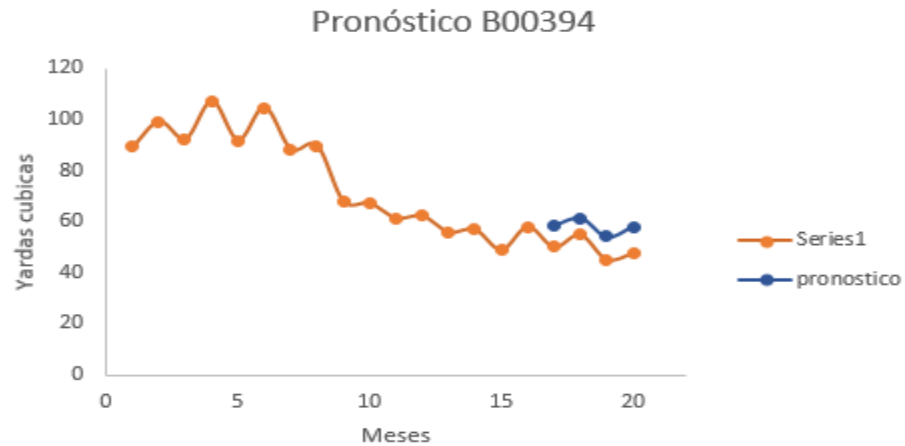
Se realizaron dos pronósticos; uno para la serie de tiempo de datos máximos y mínimos y otro para la serie de tiempo original con el fin de evidenciar si la estacionalidad afecta el resultado del pronóstico.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, aplicando el proceso a la línea comercial L1-M17-B00394. La tabla 5 presenta los datos pronosticados para la serie de datos máximos y mínimos y los errores de pronóstico correspondientes y la figura 20 muestra la gráfica realizada para el pronóstico con una ventana de tiempo de dos años.

*Tabla 5. Datos pronosticados y errores de pronóstico para la serie de tiempo de máximos y mínimos B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial*

Año	Mes	Yt	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2004	Febrero	89		
	Agosto	99		
2005	Febrero	92		
	Agosto	107		
2006	Febrero	92		
	Agosto	105		
2007	Febrero	88		
	Agosto	90		
2008	Febrero	68	90	-22
	Agosto	67	100	-33
2009	Febrero	61	85	-24
	Agosto	62	92	-30
2010	Febrero	56	77	-21
	Agosto	57	81	-24
2011	Febrero	49	68	-19
	Agosto	58	69	-11
2012	Febrero	50	59	-8
	Agosto	55	61	-6
2013	Febrero	45	54	-9
	Agosto	48	58	-10

Figura 20. Pronóstico para la Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.

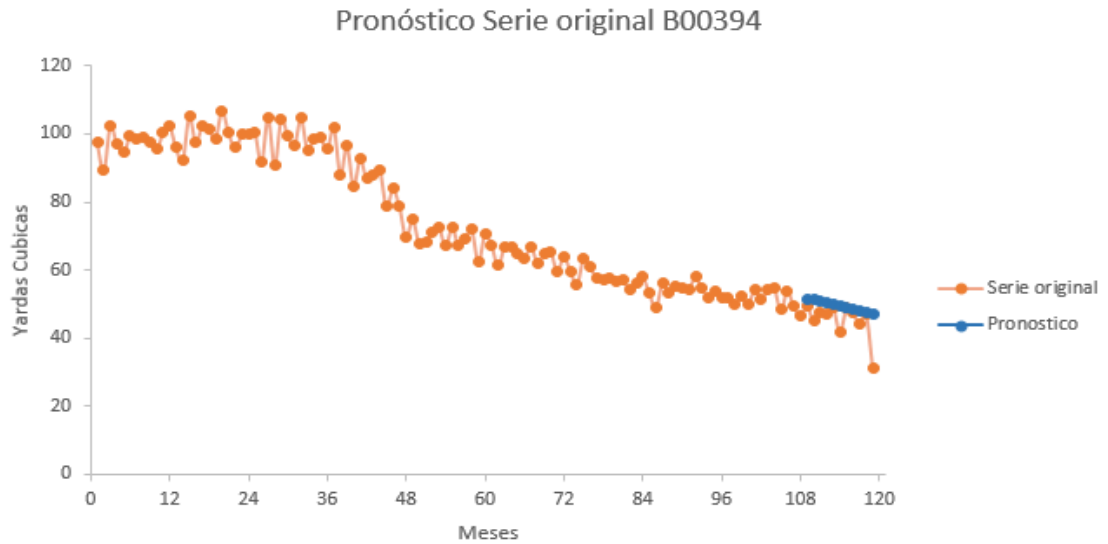


La tabla 6 presenta los datos pronosticados para la serie de datos original y los errores de pronóstico correspondientes y la figura 21 muestra la gráfica realizada para el pronóstico con una ventana de tiempo de dos años.

Tabla 6. Datos pronosticados y errores de pronóstico para la serie de tiempo B00394 WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2012	Enero	52	54	-2
	Febrero	50	54	-4
	Marzo	52	54	-1
	Abril	50	54	-4
	Mayo	54	53	1
	Junio	52	53	-2
	Julio	54	53	1
	Agosto	55	53	2
	Septiembre	48	53	-4
	Octubre	54	52	2
	Noviembre	49	52	-3
	Diciembre	46	52	-5
2013	Enero	49	51	-2
	Febrero	45	51	-6
	Marzo	48	51	-3
	Abril	47	50	-3
	Mayo	49	50	-1
	Junio	42	50	-8
	Julio	49	49	0
	Agosto	48	48	-1
	Septiembre	44	48	-4
	Octubre	47	48	-1
	Noviembre	31	47	-16

Figura 21. Pronóstico de la Serie de tiempo de máximos y mínimos B00394. WM of Texas Oklahoma, Línea Comercial.



Se realizó una verificación de los errores de pronóstico en ambos casos, observando que dichos errores son más altos en la serie de datos máximos y mínimos tomando como conclusión que es más práctico y preciso pronosticar con la serie de tiempo original.

## 5. CONCLUSIONES

- La etapa de limpieza y análisis estadístico de datos fue de gran importancia pues ayudó a identificar tendencias, resaltar información útil y tener un horizonte más claro para orientar este estudio y tomar decisiones.
- El estudio del componente estacional en las series de tiempo es importante pues hace que muchos aspectos en la actualidad puedan ser previsibles. Permite no incurrir en una falsa expectativa como lo es deducir que los periodos de incrementos más recientes en una empresa se mantendrán indefinidamente cuando realmente son producto de cierta temporada del año.
- El cálculo de los índices estacionales, permite medir cuantitativamente a que distancia por encima o por debajo de un periodo determinado se está con respecto al valor esperado o al curso normal del periodo con respecto a los datos.
- El comportamiento estacional puede producirse por diversos factores dependiendo del escenario o de la actividad que se esté desarrollando, pero se pueden generalizar en dos: factores externos, los cuales están fuera del control de la gerencia de la empresa como por ejemplo las reglamentaciones del gobierno o las leyes que limitan la utilización de ciertas materias primas y los factores internos que si dependen de la gerencia de la empresa como por ejemplo, la modificación de algún producto, servicio o de los precios. Este comportamiento se puede presentar en diferentes periodos de tiempo (trimestral, semestral, etc.) con excepción del periodo anual.

- Los límites de control implementados en este estudio evitaron que el método cualitativo o intuitivo de los autores, generara errores al indicar cuales valores se consideraran como máximos y cuales valores como mínimos.
- Las empresas que conocen la estacionalidad de su actividad tienen ventajas como poder cronometrar los inventarios, la dotación de personal y otras decisiones que coincidan con la estacionalidad prevista. En el caso de la gestión de los residuos sólidos comerciales, puede ayudar a establecer la cantidad de vehículos necesaria para el transporte de dichos residuos, la frecuencia con la cual se deben realizar las rutas y la cantidad de personas que debería ir en cada vehículo.
- Debido a la enorme complejidad de los factores que afectan la actividad humana, como lo es la economía en el ámbito de la línea comercial, la cual fue centro de este estudio, el método aplicado de pronóstico a la serie de máximos y mínimos no genero un buen resultado dado que esta serie no presenta una aproximación general a los factores cíclicos a diferencia de la serie de datos original, la cual representa un acercamiento a la realidad.

## 6. REFERENCIAS

**[1]** CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Desestacionalización de series económicas. Lima, Junio 2002. [En línea]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0514/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0514/Libro.pdf)

**[2]** HANKE John E. & WICHERN Dean W. (2006). Pronósticos en los negocios (8a ed). Mexico, D.F: Pearson Education, Inc.

**[3]** Series de tiempo. [En línea]. Disponible en: <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/seriesdetiempo.pdf>

**[4]** MONTEMAYOR GALLEGOS J. Enrique. Métodos de pronósticos para negocios. [En línea]. Disponible en: [http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones\\_tiempo.pdf](http://www.editorialdigitaltecdemonterrey.com/materialadicional/id196/cap1/patrones_tiempo.pdf)

**[5]** UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Estadística. [En línea]. Disponible en: [http://www.seduca2.uaemex.mx/ckfinder/uploads/files/u3tema\\_3\\_series\\_de\\_t.pdf](http://www.seduca2.uaemex.mx/ckfinder/uploads/files/u3tema_3_series_de_t.pdf)

**[6]** CONSULTING GROUP SPC. Definición de SPC Statistical Process Control. [En línea]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/definicion-de-spc-statistical-process-control/>

**[7]** CONSULTING GROUP SPC. Gráfica de control. [En línea]. Disponible en:  
<http://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>

## BIBLIOGRAFIA

CARPIO PATIÑO, Jefferson & OCAMPO MARTINEZ, Lisseth Carolina.: Forecasting: Estimación y análisis de demanda futura para la optimización de procesos aplicados a la recolección de residuos sólidos. Bucaramanga, 2016. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

CONTRERAS BAYARRI, Dulce. La estacionalidad y el análisis econométrico: un planteamiento alternativo. España. Universidad Literaria de España.

DIAZ C., Alen, LARA V., Araceli, LIZARDI, Arturo, LÓPEZ C., Raymundo, MORALES G., Juan R., SANDOVAL C., David.: Análisis estadístico de la generación de residuos sólidos. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Energía.

GUZMÁN PARRA, Vanesa F., QUINTANA GARCIA, Cristina, VILA OBLITAS, José Roberto. Análisis de la estacionalidad en el sector cinematográfico: Estudio comparativo entre la industria extranjera y la española. España, 2011. Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Economía y Administración de Empresas.

HANKE, John E. & WICHERN, Dean W. (2006). Pronósticos en los negocios (8a ed.). México, D.F: Pearson Education, Inc.

HANKE, John E. & WICHERN, Dean W. (2006). Pronósticos en los negocios (9a ed.). México, D.F: Pearson Education, Inc.

MONTGOMERY, Douglas C. & RUNGER, George C. (2003). Applied Statistics and Probability for Engineers (3rd ed.). United States: John Wiley & Sons, Inc

MORALES ALQUICIRA, Andrés & TREJO RENDÓN, Araceli. Análisis de variación estacional en series de tiempo.

ROSSIÈ HERNANDEZ, Armando. Gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Tarija, Bolivia. Análisis y evaluación de los residuos sólidos generados. Parte III. Instituto Superior politécnico José Antonio Echeverría. Ingeniero Hidráulico. Centro de investigaciones hidráulicas. Facultad de Ingeniería Civil.

## ANEXOS

### ANEXO A. Unidades de negocio, Área de mercado 17, Texas Oklahoma.

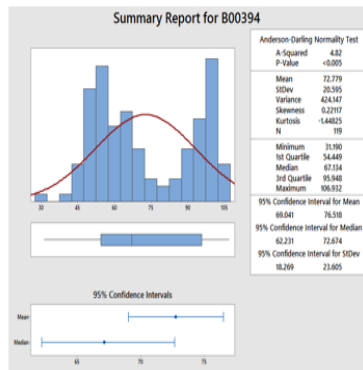
Tabla 1. Unidades de negocio, área de mercado 17, Texas Oklahoma.

NUMBER	ID	BUSINESS UNIT	N DATOS
50	B02609	Centex	140
44	B02165	Forth Worth Hauling	140
9	B01000	Lewisville Hauling	140
45	B02175	Oklahoma City	140
6	B00394	Paris Hauling	119
10	B01001	Sherman Hauling	129
13	B01006	Tulsa	140
1	B00007	San Antonio	140
2	B00011	USA of Houston	140
14	B01013	Angleton	131
31	B01791	Pasadena	140
32	B01792	Conroe	140
38	B02155	Golden Triangle	140
40	B02161	Austin	140
42	B02163	Dallas	140
54	B02848	Victoria	140
29	B01177	South Texas	140

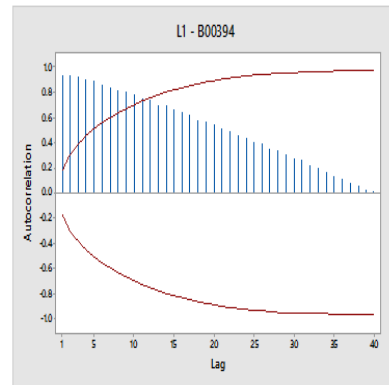
## ANEXO B. Presentación del análisis estadístico de las series de tiempo.

Figura 1. Análisis estadístico de serie de tiempo, L1-M17-B00394

### Time Serial Analysis Paris Hauling - B00394



Statistic Summary



Autocorrelation Analysis



## ANEXO C. Graficas año por año de las series de tiempo.

Figura 2. Serie de tiempo, L1-M17-B02609

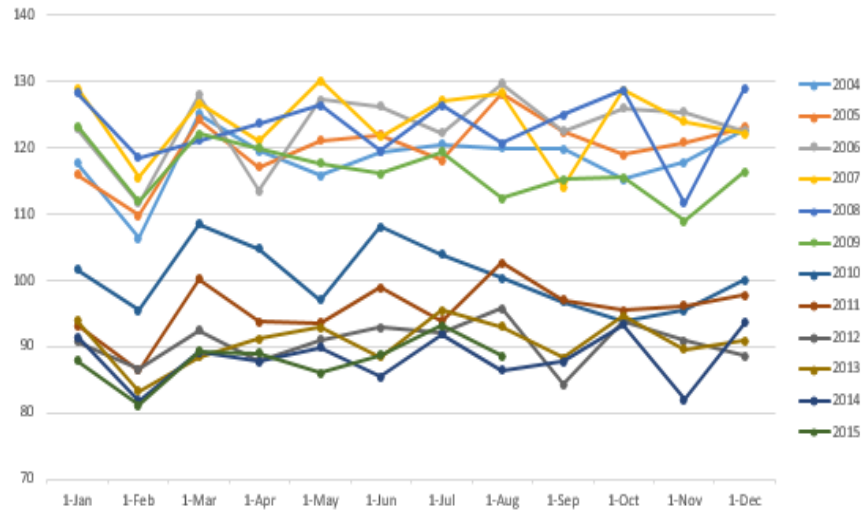


Figura 3. Serie de tiempo, L1-M17-B02165

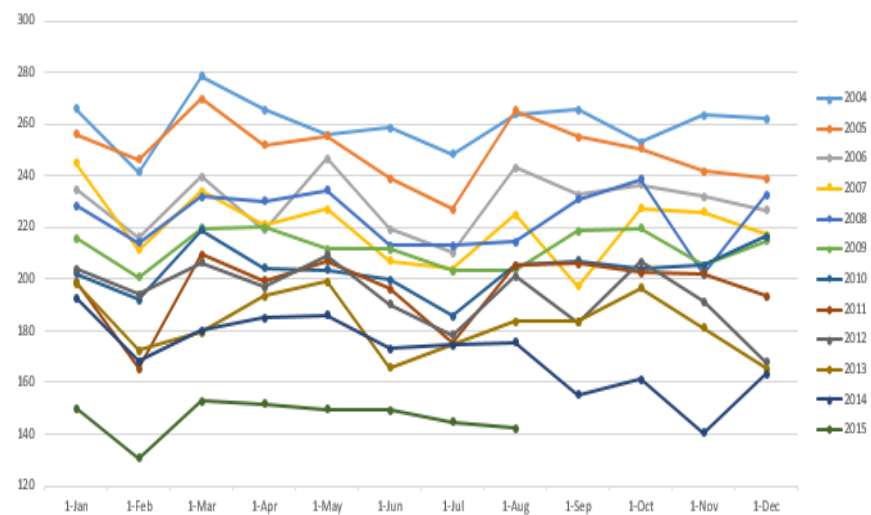


Figura4. Serie de tiempo, L1-M17-B01000

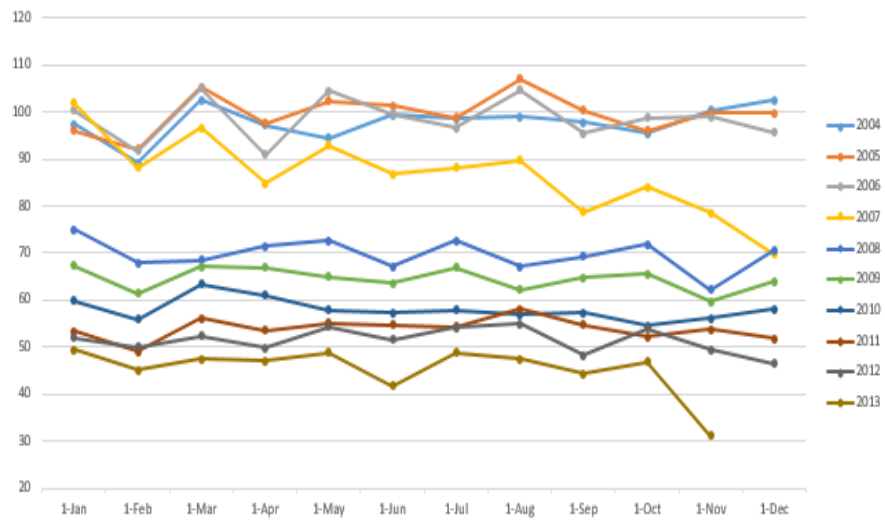


Figura 5. Serie de tiempo, L1-M17-B02175

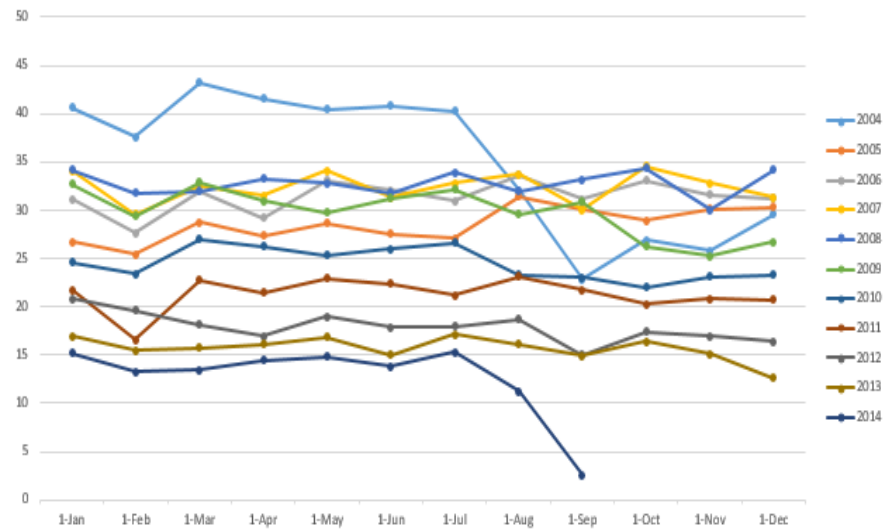


Figura 6. Serie de tiempo, L1-M17-B00394

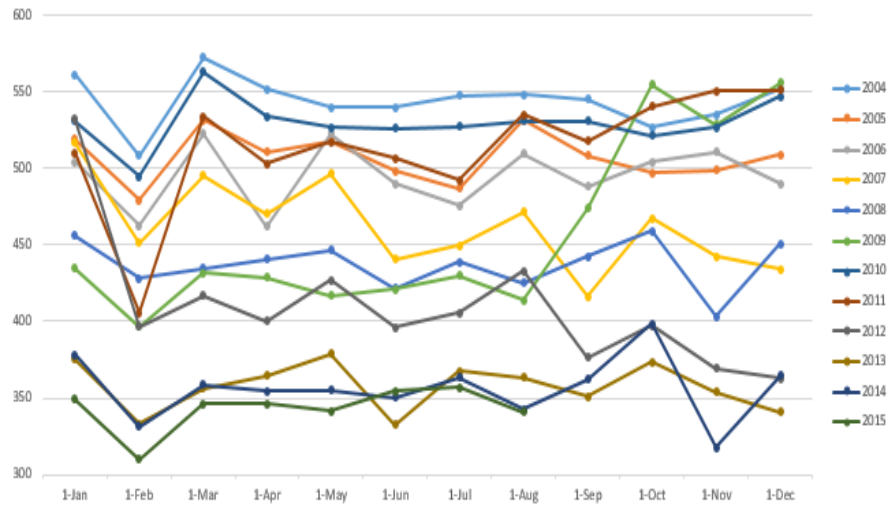


Figura 7. Serie de tiempo, L1-M17-B01001

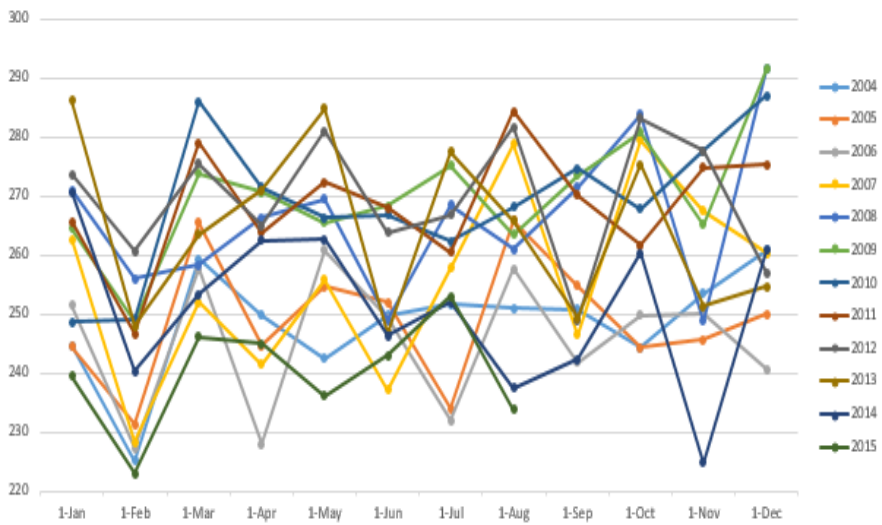


Figura 8. Serie de tiempo, L1-M17-B01006

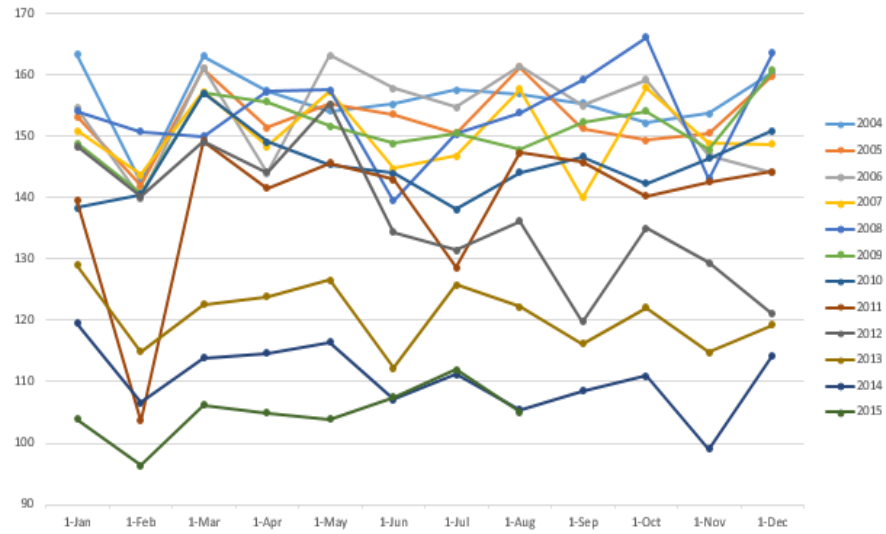


Figura 9. Serie de tiempo, L1-M17-B00007

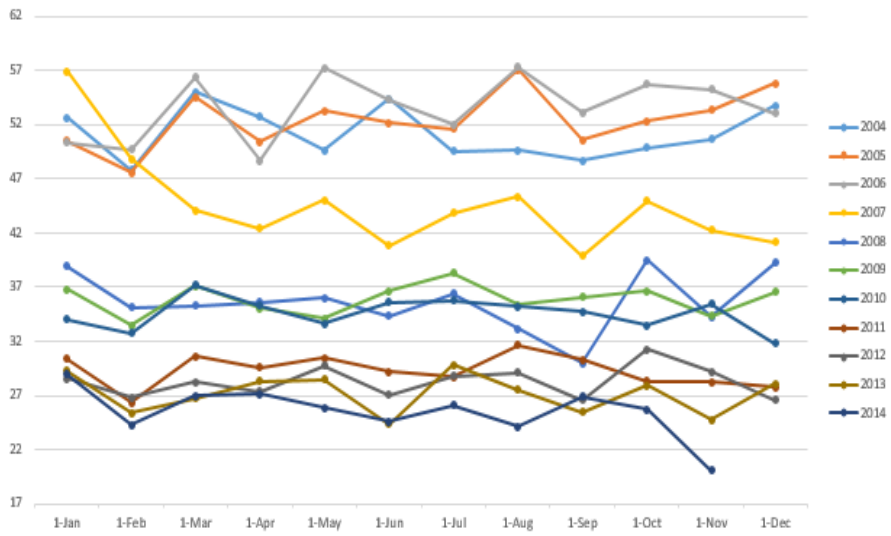


Figura 10. Serie de tiempo, L1-M17-B00011

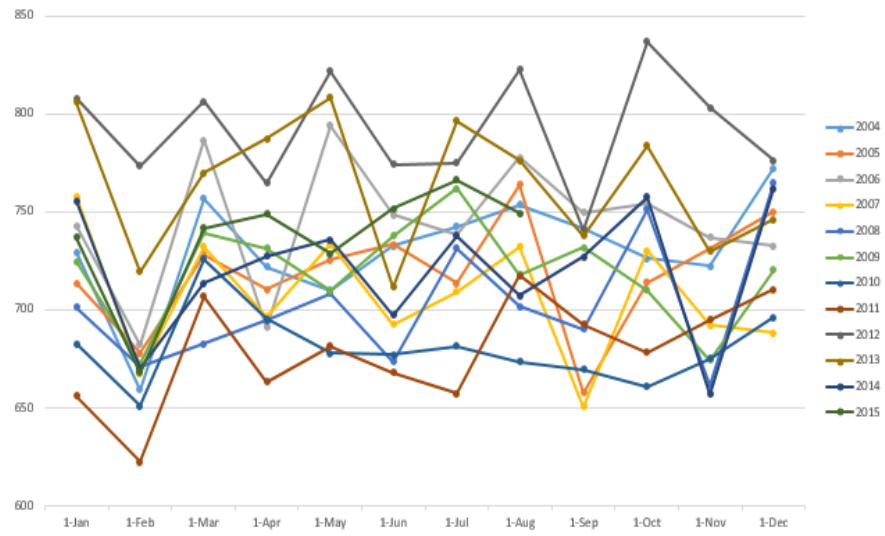


Figura 11. Serie de tiempo, L1-M17-B01013

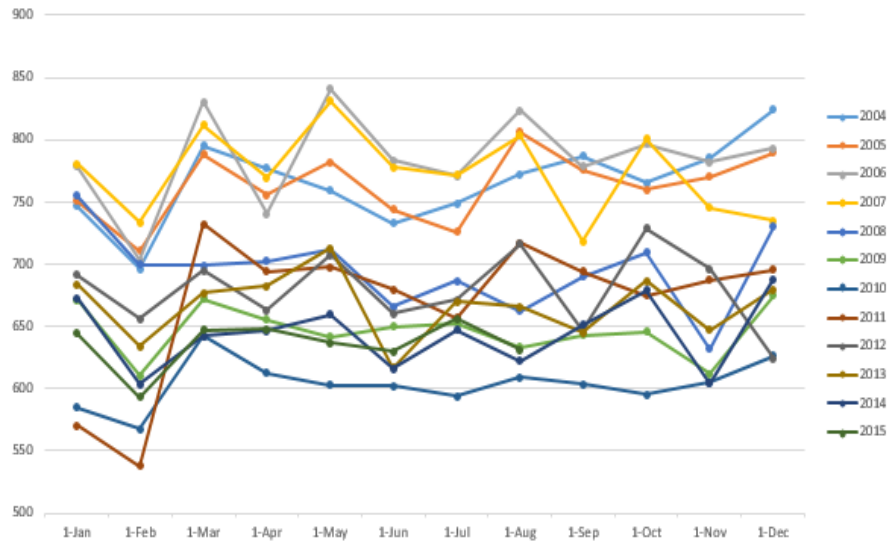


Figura 12. Serie de tiempo, L1-M17-B01791

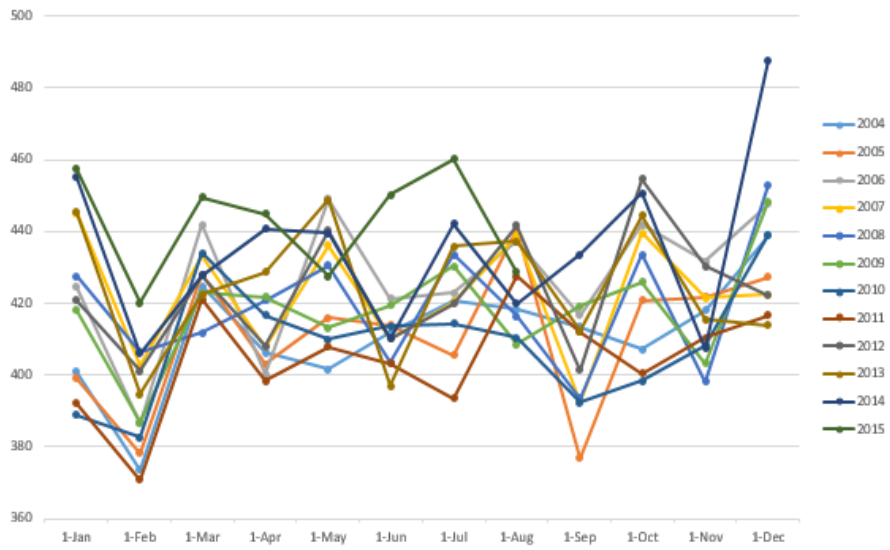


Figura 13. Serie de tiempo, L1-M17-B01792

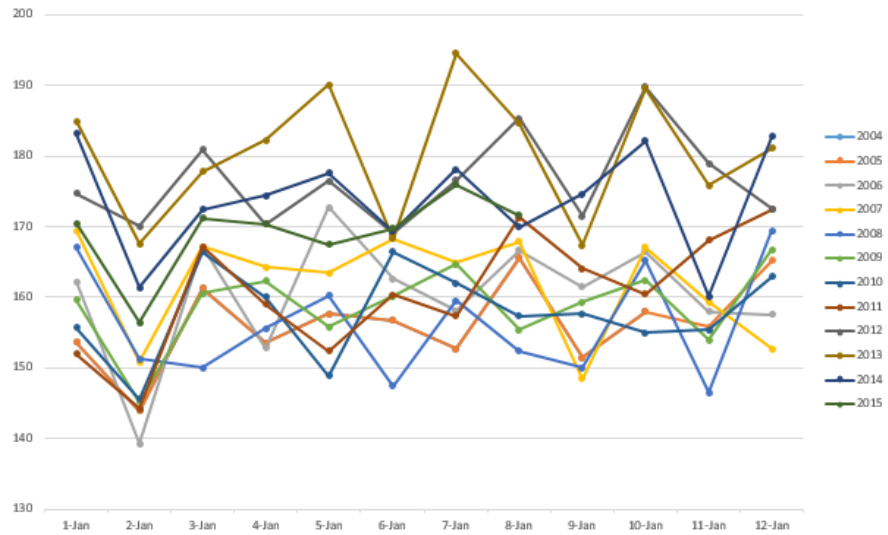


Figura 14. Serie de tiempo, L1-M17-B02155

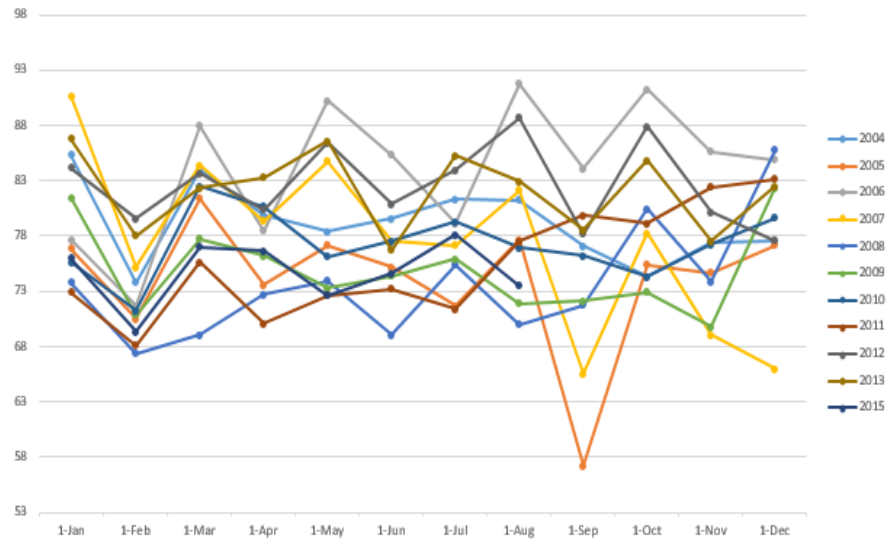


Figura 15. Serie de tiempo, L1-M17-B02161

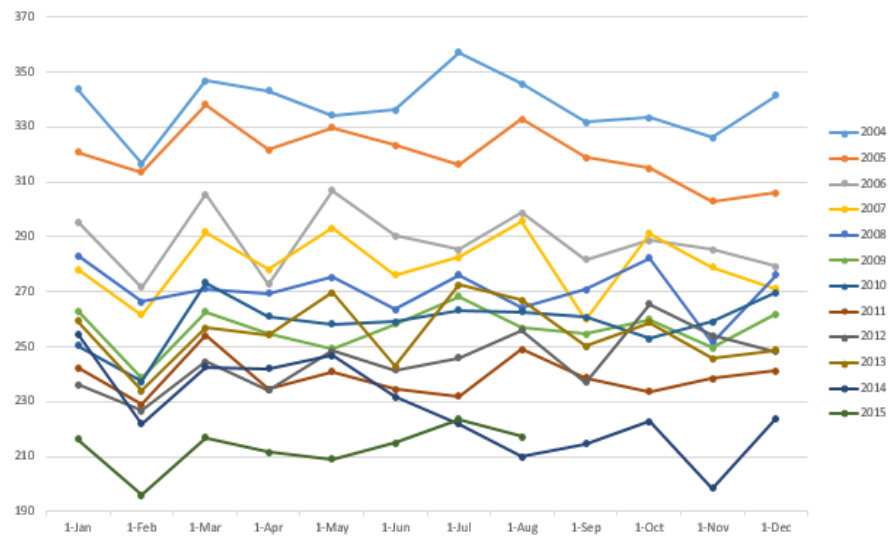


Figura 16. Serie de tiempo, L1-M17-B02163

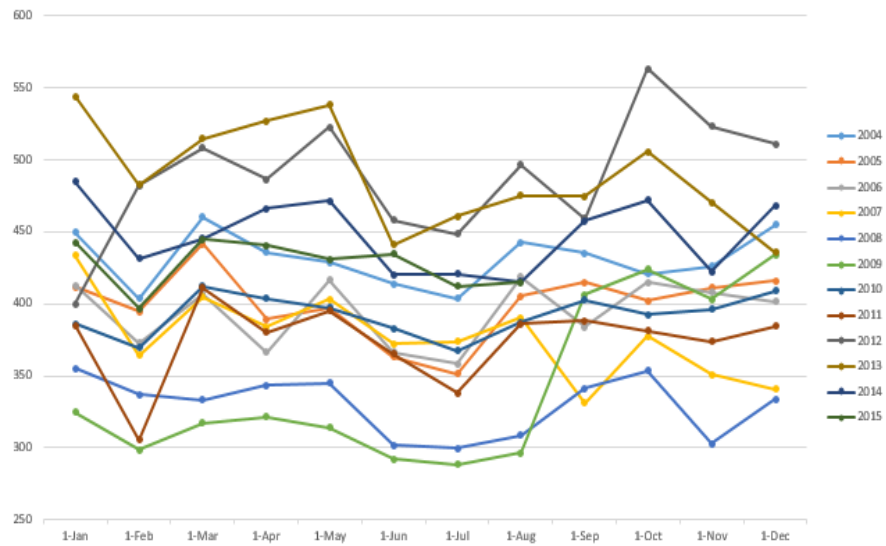


Figura 17. Serie de tiempo, L1-M17-B02848

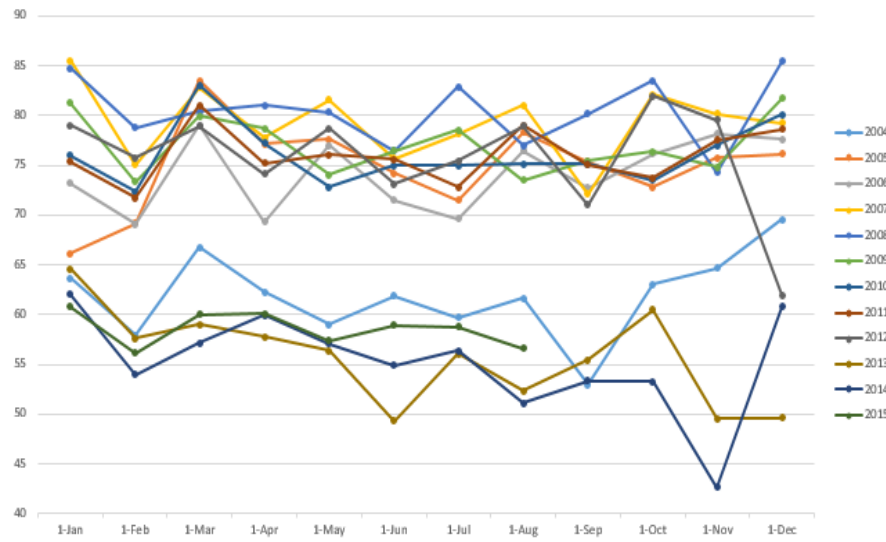
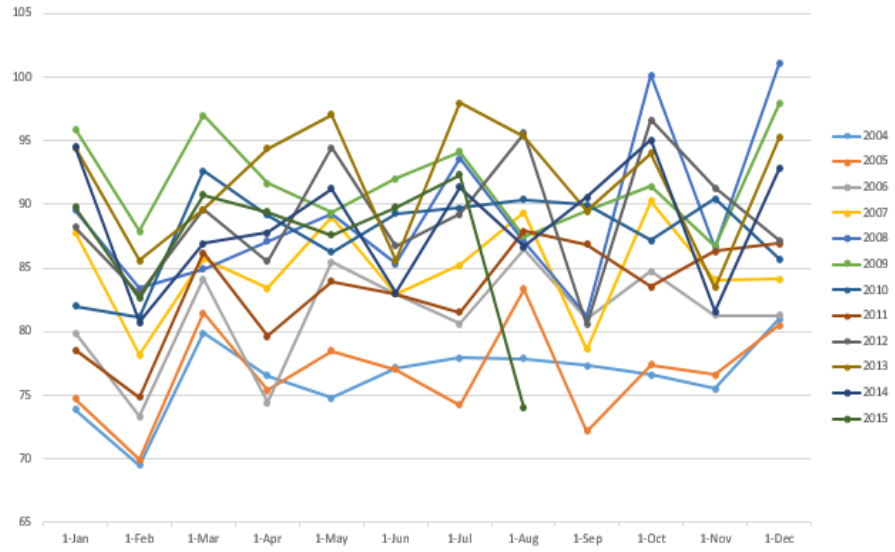
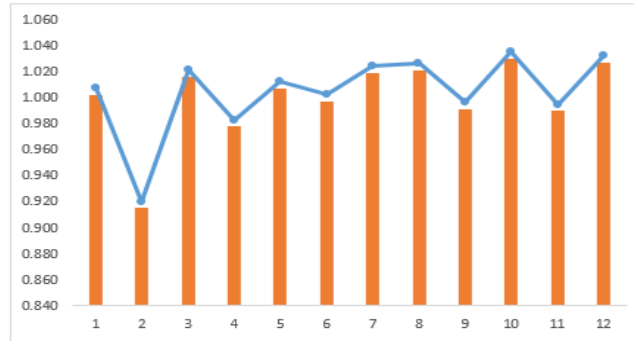


Figura 18. Serie de tiempo, L1-M17-B01177

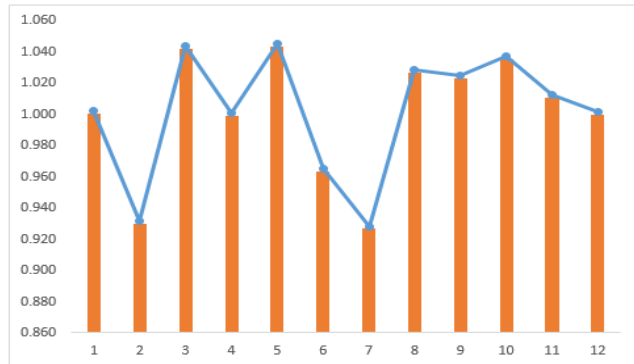


**ANEXO D. Patrones de estacionalidad para las series de tiempo**

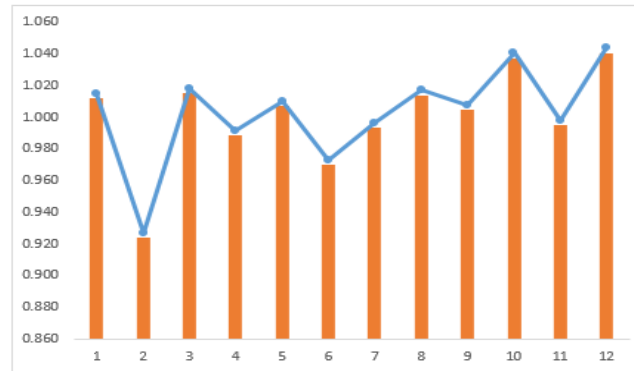
*Figura 19. Patrón estacional, L1-M17-B02609*



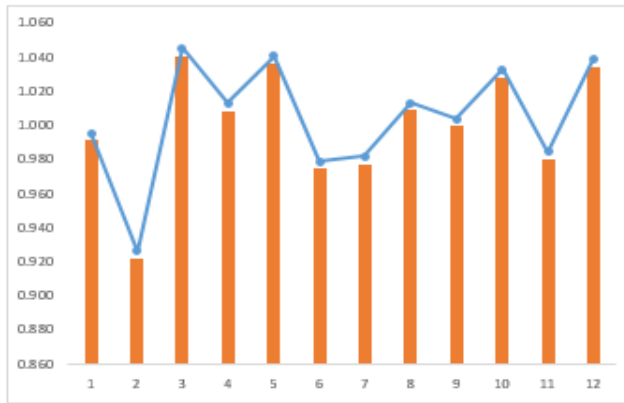
*Figura 20. Patrón estacional, L1-M17-B02165*



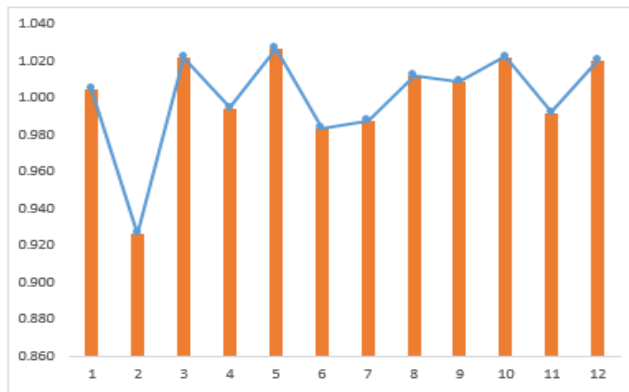
*Figura21. Patrón estacional, L1-M17-B01000*



**Figura22.** Patrón estacional, L1-M17-B02175



**Figura 23.** Patrón estacional, L1-M17-B00394



**Figura 24.** Patrón estacional, L1-M17-B01001

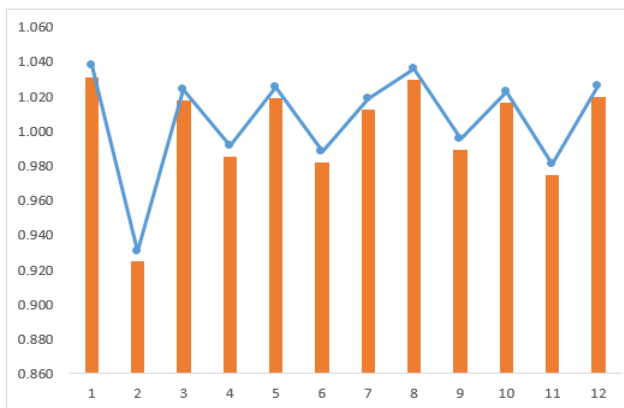


Figura 25. Patrón estacional, L1-M17-B01006

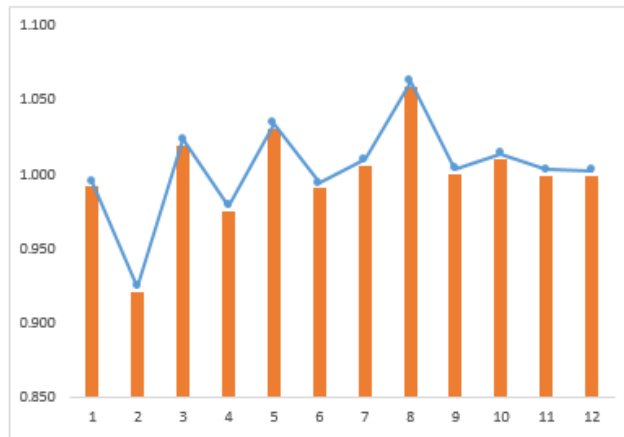


Figura 26. Patrón estacional, L1-M17-B00007

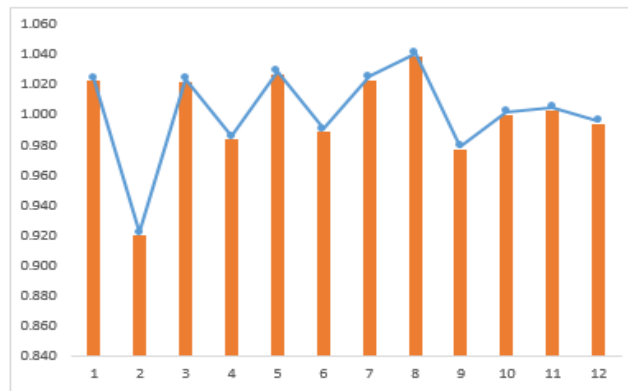


Figura 27. Patrón estacional, L1-M17-B00011

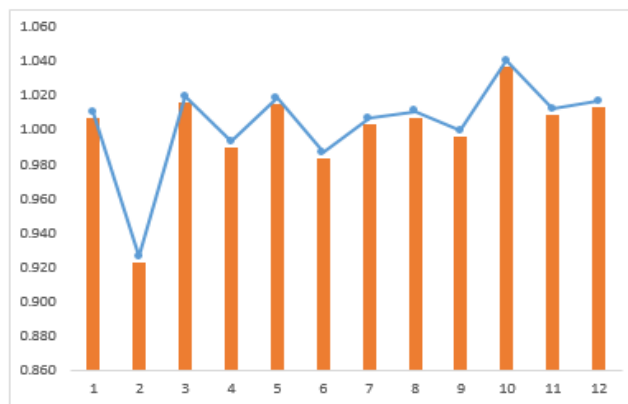


Figura 28. Patrón estacional, L1-M17-B01013

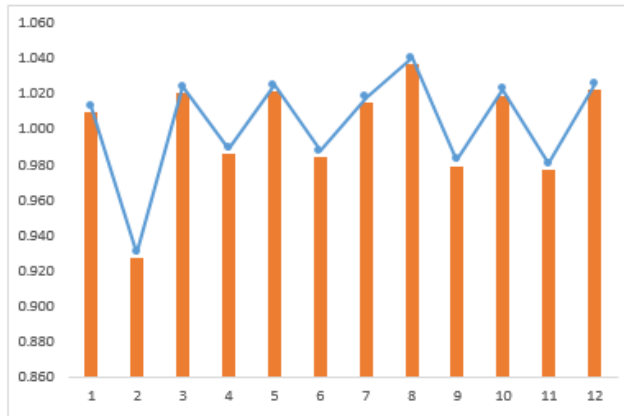


Figura 29. Patrón estacional, L1-M17-B01791

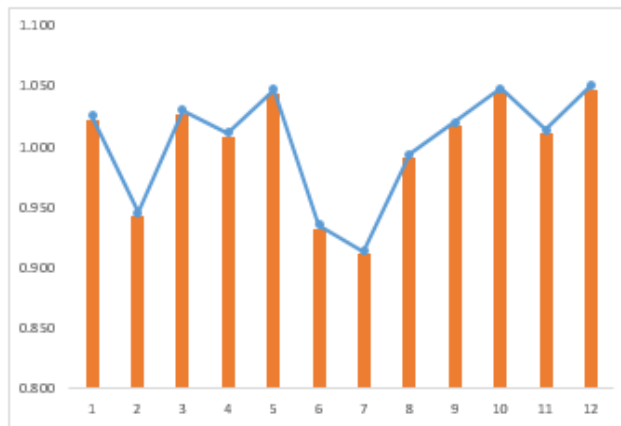


Figura 30. Patrón estacional, L1-M17-B01792

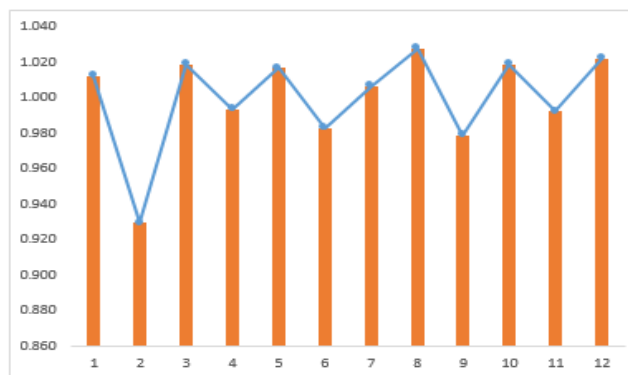


Figura 31. Patrón estacional, L1-M17-B02155

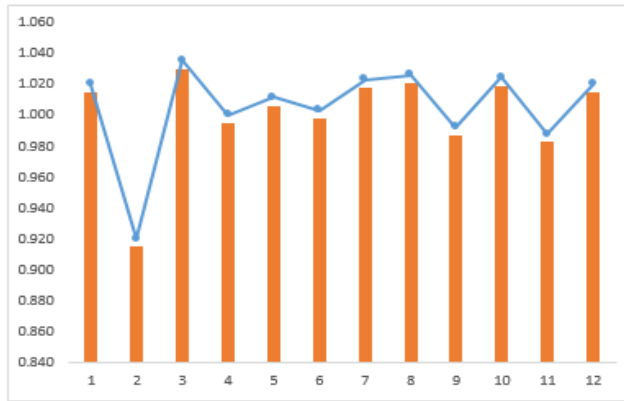


Figura 32. Patrón estacional, L1-M17-B02161

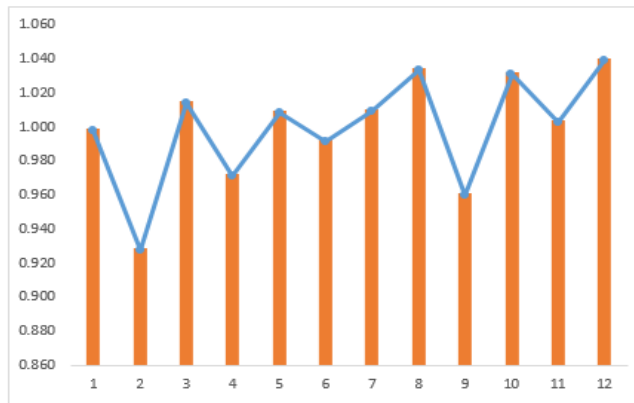


Figura 33. Patrón estacional, L1-M17-B02163

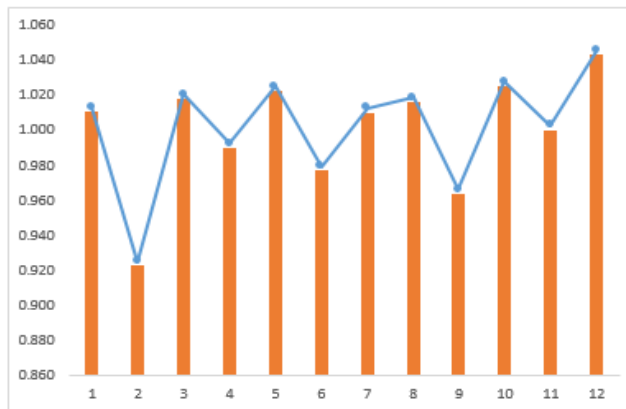


Figura 34. Patrón estacional, L1-M17-B02848

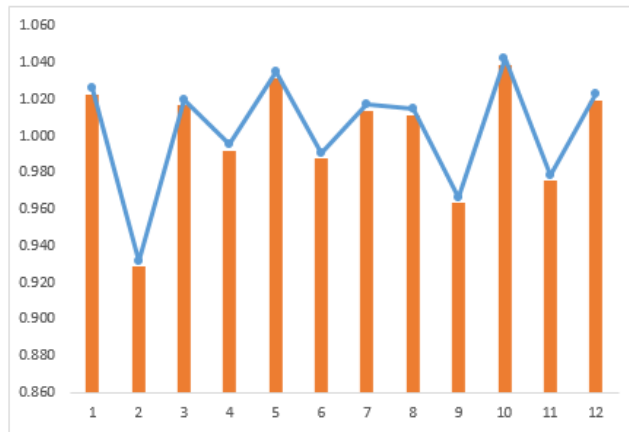
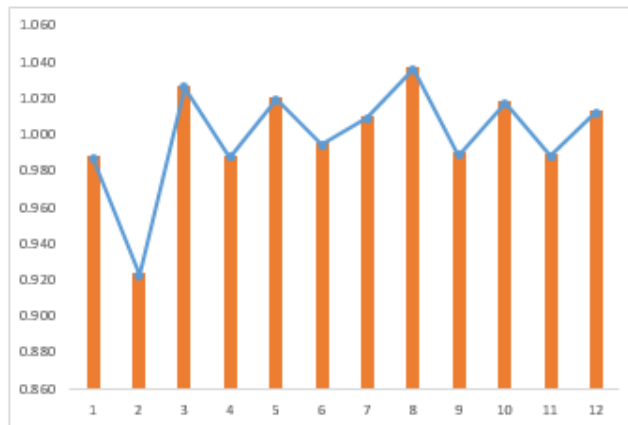


Figura 35. Patrón estacional, L1-M17-B01177



**ANEXO E.** Series de máximos y mínimos, pronósticos y errores de pronóstico

*Tabla 2. Serie de M&M, L1-M17-B02609*

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	119	111	8
2009	Febrero	112	114	2
2010	Febrero	95	114	19
2011	Febrero	86	110	24
2012	Febrero	87	103	17
2013	Febrero	83	95	12
2014	Febrero	82	88	6
2015	Febrero	81	85	3

*Tabla 3. Serie de M&M, L1-M17-B02165*

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	214	229	15
	Marzo	232	255	23
	Mayo	234	246	12
	Julio	213	222	9
2009	Febrero	201	222	21
	Marzo	220	244	24
	Mayo	212	241	29
	Julio	203	214	10
2010	Febrero	192	211	18
	Marzo	219	231	12
	Mayo	204	230	26
	Julio	186	208	22
2011	Febrero	165	205	39
	Marzo	210	226	16
	Mayo	207	219	12
	Julio	175	202	26
2012	Febrero	194	193	1
	Marzo	206	220	14
	Mayo	209	214	5
	Julio	178	194	16
2013	Febrero	172	188	16
	Marzo	180	214	34
	Mayo	199	208	9
	Julio	175	186	11
2014	Febrero	168	181	13
	Marzo	180	204	24
	Mayo	186	205	19
	Julio	175	179	4
2015	Febrero	131	175	44
	Marzo	153	194	41
	Mayo	150	200	51
	Julio	145	176	31

Tabla 4. Serie de M&M, L1-M17-B01000

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	428	475	47
	Octubre	459	499	40
	Diciembre	451	496	45
2009	Febrero	397	455	59
	Octubre	554	482	72
	Diciembre	556	471	85
2010	Febrero	495	435	60
	Octubre	521	496	25
	Diciembre	547	482	64
2011	Febrero	406	443	37
	Octubre	541	501	40
	Diciembre	551	497	54
2012	Febrero	396	431	35
	Octubre	397	519	122
	Diciembre	363	526	163
2013	Febrero	333	423	90
	Octubre	374	503	130
	Diciembre	341	504	163
2014	Febrero	332	407	76
	Octubre	398	458	60
	Diciembre	365	450	85
2015	Febrero	310	367	56

Tabla 5. Serie de M&M, L1-M17-B02175

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	256	228	28
	Octubre	284	254	29
2009	Febrero	249	236	13
	Octubre	281	264	16
2010	Febrero	249	240	9
	Octubre	268	273	6
2011	Febrero	247	246	1
	Octubre	262	278	16
2012	Febrero	261	250	10
	Octubre	283	273	10
2013	Febrero	248	251	3
	Octubre	275	273	2
2014	Febrero	240	251	11
	Octubre	260	272	12
2015	Febrero	223	249	26

Tabla 6. Serie de M&M, L1-M17-B00394

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	68	90	22
	Agosto	67	100	33
2009	Febrero	61	85	24
	Agosto	62	92	30
2010	Febrero	56	77	21
	Agosto	57	81	24
2011	Febrero	49	68	19
	Agosto	58	69	11
2012	Febrero	50	59	8
	Agosto	55	61	6
2013	Febrero	45	54	9
	Agosto	48	58	10

Tabla 7. Serie de M&M, L1-M17-B01001

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	32	30	2
	Agosto	32	33	1
2009	Febrero	29	29	1
	Agosto	30	33	3
2010	Febrero	23	30	6
	Agosto	23	32	9
2011	Febrero	17	29	12
	Agosto	23	30	6
2012	Febrero	20	25	6
	Agosto	19	27	8
2013	Febrero	15	22	7
	Agosto	16	24	8
2014	Febrero	13	19	6
	Agosto	11	20	9

Tabla 8. Serie de M&M, L1-M17-B01006

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	151	142	9
	Marzo	150	161	11
	Mayo	157	157	0
2009	Febrero	141	144	3
	Marzo	157	157	0
	Mayo	152	158	7
2010	Febrero	140	144	3
	Marzo	157	156	1
	Mayo	145	157	12
2011	Febrero	104	144	40
	Marzo	149	155	6
	Mayo	146	153	7
2012	Febrero	140	134	6
	Marzo	149	153	4
	Mayo	155	150	5
2013	Febrero	115	131	16
	Marzo	123	153	31
	Mayo	127	149	23
2014	Febrero	107	125	18
	Marzo	114	145	31
	Mayo	116	143	27
2015	Febrero	96	116	20
	Marzo	106	134	27
	Mayo	104	136	32

Tabla 9. Serie de M&M, L1-M17-B00007

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	700	711	11
2009	Febrero	611	712	101
2010	Febrero	568	687	119
2011	Febrero	538	653	115
2012	Febrero	656	604	52
2013	Febrero	634	593	41
2014	Febrero	604	599	5
2015	Febrero	593	608	15

Tabla 10. Serie de M&M, L1-M17-B00011

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$e$
2008	Febrero	671	672	1
	Agosto	702	757	55
2009	Febrero	672	675	2
	Agosto	718	744	26
2010	Febrero	651	673	22
	Agosto	674	732	59
2011	Febrero	622	665	43
	Agosto	718	706	11
2012	Febrero	774	654	119
	Agosto	823	703	120
2013	Febrero	720	680	40
	Agosto	776	733	43
2014	Febrero	670	692	21
	Agosto	707	748	40
2015	Febrero	668	696	28
	Agosto	749	756	7

Tabla 11. Serie de M&M, L1-M17-B01013

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$e$
2008	Febrero	35	48	13
	Agosto	33	52	19
	Septiembre	30	48	18
	Diciembre	39	51	12
2009	Febrero	34	45	12
	Agosto	35	48	13
	Septiembre	36	43	7
	Diciembre	37	47	11
2010	Febrero	33	42	9
	Agosto	35	43	8
	Septiembre	35	40	5
	Diciembre	32	42	11
2011	Febrero	26	38	11
	Agosto	32	37	6
	Septiembre	30	35	5
	Diciembre	28	37	9
2012	Febrero	27	32	5
	Agosto	29	34	5
	Septiembre	27	33	6
	Diciembre	27	34	7
2013	Febrero	25	30	4
	Agosto	28	33	5
	Septiembre	25	32	6
	Diciembre	28	31	3
2014	Febrero	24	28	4
	Agosto	24	31	7
	Septiembre	27	29	2

Tabla 12. Serie de M&M, L1-M17-B01791

Año	Mes	Datos	Ŷt	ε
2008	Febrero	407	385	21
	Septiembre	394	400	6
	Diciembre	453	434	19
2009	Febrero	387	393	7
	Septiembre	419	395	24
	Diciembre	448	438	11
2010	Febrero	383	396	13
	Septiembre	392	405	13
	Diciembre	439	443	4
2011	Febrero	371	395	24
	Septiembre	412	399	13
	Diciembre	417	441	24
2012	Febrero	401	387	14
	Septiembre	401	404	3
	Diciembre	422	439	17
2013	Febrero	395	385	9
	Septiembre	412	406	6
	Diciembre	414	432	18
2014	Febrero	406	387	19
	Septiembre	434	404	29
	Diciembre	488	423	65
2015	Febrero	420	393	27

Tabla 13. Serie de M&M, L1-M17-B01792

Año	Mes	Datos	Ŷt	ε
2008	Febrero	151	144	7
2009	Febrero	145	146	1
2010	Febrero	146	147	1
2011	Febrero	144	148	4
2012	Febrero	170	147	24
2013	Febrero	168	151	16
2014	Febrero	161	157	5
2015	Febrero	156	161	4

Tabla 14. Serie de M&M, L1-M17-B02155

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	67	73	5
	Septiembre	72	71	1
	Octubre	80	80	1
2009	Febrero	71	71	0
	Septiembre	72	70	2
	Octubre	73	81	8
2010	Febrero	71	71	0
	Septiembre	76	73	3
	Octubre	74	81	6
2011	Febrero	68	71	3
	Septiembre	80	71	8
	Octubre	79	76	3
2012	Febrero	80	69	10
	Septiembre	78	75	3
	Octubre	88	77	11
2013	Febrero	78	72	6
	Septiembre	79	77	2
	Octubre	85	79	6
2014	Febrero	77	74	2
	Septiembre	79	78	1
	Octubre	81	82	1
2015	Febrero	69	76	6

Tabla 15. Serie de M&M, L1-M17-B02161

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Febrero	266	291	25
	Agosto	264	318	54
2009	Febrero	239	278	40
	Agosto	257	298	41
2010	Febrero	237	260	22
	Agosto	263	279	16
2011	Febrero	229	251	22
	Agosto	249	270	21
2012	Febrero	227	243	16
	Agosto	256	258	2
2013	Febrero	234	233	1
	Agosto	267	256	11
2014	Febrero	222	232	10
	Agosto	210	259	49
2015	Febrero	196	228	32
	Agosto	217	245	28

Tabla 16. Serie de M&M, L1-M17-B02163

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$e_t$
2008	Junio	302	379	77
	Julio	300	372	72
	Diciembre	334	403	69
2009	Febrero	299	377	79
	Junio	292	351	59
	Julio	288	346	58
2010	Diciembre	434	373	61
	Febrero	370	353	16
	Junio	383	333	50
2011	Julio	368	330	37
	Diciembre	409	378	31
	Febrero	306	343	37
2012	Junio	366	337	28
	Julio	338	332	6
	Diciembre	384	380	5
2013	Febrero	482	328	154
	Junio	458	336	123
	Julio	449	324	125
2014	Diciembre	511	390	120
	Febrero	483	364	119
	Junio	441	375	67
2015	Julio	461	361	100
	Diciembre	436	435	1
	Febrero	431	410	21
2014	Junio	420	412	8
	Julio	421	404	17
	Diciembre	468	435	33
2015	Febrero	397	425	29
	Junio	434	421	13
	Julio	412	417	5

Tabla 17. Serie de M&M, L1-M17-B02848

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$e_t$
2008	Febrero	83	73	11
	Agosto	87	84	3
2009	Febrero	88	76	12
	Agosto	87	87	1
2010	Febrero	81	81	0
	Agosto	90	88	3
2011	Febrero	75	83	8
	Agosto	88	89	1
2012	Febrero	83	82	1
	Agosto	96	88	7
2013	Febrero	86	82	4
	Agosto	95	90	5
2014	Febrero	81	81	0
	Agosto	87	92	6
2015	Febrero	83	81	2
	Agosto	74	91	17

Tabla 18. Serie de M&M, L1-M17-B01177

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2008	Enero	85	72	13
	Febrero	79	68	11
2009	Enero	81	77	4
	Febrero	73	73	0
2010	Enero	76	81	5
	Febrero	72	74	2
2011	Enero	75	82	7
	Febrero	72	75	3
2012	Enero	79	79	0
	Febrero	76	74	2
2013	Enero	65	78	13
	Febrero	58	73	16
2014	Enero	62	74	12
	Febrero	54	69	15
2015	Enero	61	70	9
	Febrero	56	65	9

**ANEXO F. Pronósticos y errores de pronóstico de la serie original**

*Tabla 19. Pronósticos y errores, L1-M17-B02609*

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	91	91	1
	Febrero	82	91	9
	Marzo	89	90	1
	Abril	88	91	3
	Mayo	90	90	0
	Junio	85	90	5
	Julio	92	90	2
	Agosto	86	89	3
	Septiembre	88	89	1
	Octubre	93	89	4
	Noviembre	82	89	7
	Diciembre	94	88	5
2015	Enero	88	88	0
	Febrero	81	88	7
	Marzo	89	88	1
	Abril	89	88	1
	Mayo	86	88	2
	Junio	89	88	1
	Julio	93	88	5
	Agosto	89	88	0

*Tabla 20. Pronósticos y errores, L1-M17-B02165*

Año	Mes	Datos	$\hat{y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	193	183	10
	Febrero	168	182	14
	Marzo	180	182	2
	Abril	185	182	3
	Mayo	186	181	5
	Junio	173	180	7
	Julio	175	181	6
	Agosto	175	181	5
	Septiembre	155	180	25
	Octubre	161	178	16
	Noviembre	141	175	34
	Diciembre	163	171	8
2015	Enero	150	171	21
	Febrero	131	168	37
	Marzo	153	165	12
	Abril	152	162	11
	Mayo	150	160	10
	Junio	149	157	7
	Julio	145	155	10
	Agosto	142	152	10

Tabla 21. Pronósticos y errores, L1-M17-B01000

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	378	358	21
	Febrero	332	358	26
	Marzo	359	358	1
	Abril	354	358	3
	Mayo	355	357	2
	Junio	350	355	5
	Julio	363	356	7
	Agosto	343	356	13
	Septiembre	362	354	8
	Octubre	398	355	43
	Noviembre	318	357	40
	Diciembre	365	354	10
2015	Enero	349	356	7
	Febrero	310	354	44
	Marzo	346	352	6
	Abril	346	351	5
	Mayo	342	351	9
	Junio	354	349	5
	Julio	357	350	7
	Agosto	341	349	8

Tabla 22. Pronósticos y errores, L1-M17-B02175

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	271	264	6
	Febrero	240	263	23
	Marzo	253	263	9
	Abril	263	262	1
	Mayo	263	261	2
	Junio	246	259	13
	Julio	252	259	7
	Agosto	238	257	19
	Septiembre	242	255	12
	Octubre	260	254	6
	Noviembre	225	253	28
	Diciembre	261	251	10
2015	Enero	239	251	12
	Febrero	223	249	26
	Marzo	246	247	1
	Abril	245	246	2
	Mayo	236	245	9
	Junio	243	243	0
	Julio	253	243	10
	Agosto	234	243	9

Tabla 23. Pronósticos y errores, L1-M17-B00394

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$e$
2012	Enero	52	54	2
	Febrero	50	54	4
	Marzo	52	54	1
	Abril	50	54	4
	Mayo	54	53	1
	Junio	52	53	2
	Julio	54	53	1
	Agosto	55	53	2
	Septiembre	48	53	4
	Octubre	54	52	2
	Noviembre	49	52	3
	Diciembre	46	52	5
2013	Enero	49	51	2
	Febrero	45	51	6
	Marzo	48	51	3
	Abril	47	50	3
	Mayo	49	50	1
	Junio	42	50	8
	Julio	49	49	0
	Agosto	48	48	1
	Septiembre	44	48	4
	Octubre	47	48	1
	Noviembre	31	47	16

Tabla 24. Pronósticos y errores, L1-M17-B01001

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$e$
2013	Enero	17	18	1
	Febrero	15	18	2
	Marzo	16	17	1
	Abril	16	17	1
	Mayo	17	17	0
	Junio	15	17	2
	Julio	17	17	1
	Agosto	16	16	0
	Septiembre	15	16	1
	Octubre	16	16	0
	Noviembre	15	16	1
	Diciembre	13	16	3
2014	Enero	15	16	0
	Febrero	13	16	2
	Marzo	13	15	2
	Abril	14	15	1
	Mayo	15	15	0
	Junio	14	15	1
	Julio	15	15	1
	Agosto	11	15	3
Septiembre	3	14	12	

Tabla 25. Pronósticos y errores, L1-M17-B01006

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	119	121	1
	Febrero	107	120	13
	Marzo	114	119	5
	Abril	115	119	4
	Mayo	116	118	1
	Junio	107	117	10
	Julio	111	117	5
	Agosto	105	115	10
	Septiembre	109	114	5
	Octubre	111	113	2
	Noviembre	99	112	13
	Diciembre	114	111	3
2015	Enero	104	111	7
	Febrero	96	109	13
	Marzo	106	108	2
	Abril	105	108	3
	Mayo	104	107	3
	Junio	108	106	2
	Julio	112	106	6
	Agosto	105	106	1

Tabla 26. Pronósticos y errores, L1-M17-B00007

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	673	667	6
	Febrero	604	666	62
	Marzo	642	663	21
	Abril	647	660	14
	Mayo	659	657	2
	Junio	616	653	37
	Julio	647	653	6
	Agosto	622	651	29
	Septiembre	651	647	4
	Octubre	679	648	31
	Noviembre	604	647	43
	Diciembre	688	644	44
2015	Enero	644	644	0
	Febrero	593	642	49
	Marzo	647	641	6
	Abril	648	642	6
	Mayo	637	642	-5
	Junio	630	640	-10
	Julio	656	641	15
	Agosto	632	642	-10

Tabla 27. Pronósticos y errores, L1-M17-B00011

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	756	764	9
	Febrero	670	760	90
	Marzo	714	756	43
	Abril	728	751	24
	Mayo	736	746	11
	Junio	697	740	43
	Julio	738	739	1
	Agosto	707	734	27
	Septiembre	727	729	1
	Octubre	758	728	30
	Noviembre	657	725	69
	Diciembre	762	719	42
2015	Enero	737	721	16
	Febrero	668	719	51
	Marzo	742	719	23
	Abril	749	721	27
	Mayo	729	723	5
	Junio	752	723	29
	Julio	766	727	39
	Agosto	749	729	20

Tabla 28. Pronósticos y errores, L1-M17-B01013

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2013	Enero	29	28	1
	Febrero	25	28	3
	Marzo	27	28	1
	Abril	28	28	0
	Mayo	28	28	0
	Junio	24	28	4
	Julio	30	28	2
	Agosto	28	28	0
	Septiembre	25	28	2
	Octubre	28	28	0
	Noviembre	25	27	3
	Diciembre	28	27	1
2014	Enero	29	27	2
	Febrero	24	27	3
	Marzo	27	27	0
	Abril	27	27	0
	Mayo	26	27	1
	Junio	25	27	2
	Julio	26	27	1
	Agosto	24	26	2
	Septiembre	27	26	1
	Octubre	26	26	1
Noviembre	20	26	6	

Tabla 29. Pronósticos y errores, L1-M17-B01791

Año	Mes	Datos	Ŷt	ε
2014	Enero	455	425	30
	Febrero	406	425	19
	Marzo	428	426	1
	Abril	441	427	14
	Mayo	440	428	12
	Junio	410	427	17
	Julio	442	428	14
	Agosto	420	429	9
	Septiembre	434	427	6
	Octubre	451	429	21
	Noviembre	407	430	22
	Diciembre	488	429	59
2015	Enero	457	435	22
	Febrero	420	435	15
	Marzo	449	436	13
	Abril	445	438	7
	Mayo	428	439	11
	Junio	450	438	13
	Julio	460	441	19
	Agosto	429	442	14

Tabla 30. Pronósticos y errores, L1-M17-B01792

Año	Mes	Datos	Ŷt	ε
2014	Enero	183	180	3
	Febrero	161	180	19
	Marzo	172	180	7
	Abril	174	179	5
	Mayo	178	179	1
	Junio	169	178	8
	Julio	178	178	1
	Agosto	170	176	6
	Septiembre	175	175	0
	Octubre	182	176	6
	Noviembre	160	175	15
	Diciembre	183	174	9
2015	Enero	170	174	3
	Febrero	156	173	16
	Marzo	171	172	1
	Abril	170	172	2
	Mayo	167	172	4
	Junio	170	171	1
	Julio	176	171	5
	Agosto	172	171	1

Tabla 31. Pronósticos y errores, L1-M17-B02155

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$e$
2014	Enero	83	82	1
	Febrero	77	82	5
	Marzo	81	82	1
	Abril	80	82	2
	Mayo	79	81	2
	Junio	78	81	2
	Julio	82	81	2
	Agosto	77	80	4
	Septiembre	79	80	1
	Octubre	81	80	1
	Noviembre	69	80	11
	Diciembre	79	79	0
2015	Enero	76	79	3
	Febrero	69	78	9
	Marzo	77	77	0
	Abril	77	77	0
	Mayo	73	77	4
	Junio	75	76	2
	Julio	78	76	2
	Agosto	74	76	2

Tabla 32. Pronósticos y errores, L1-M17-B02161

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$e$
2014	Enero	255	255	0
	Febrero	222	255	33
	Marzo	243	254	11
	Abril	242	252	10
	Mayo	247	251	4
	Junio	232	249	18
	Julio	222	249	27
	Agosto	210	244	34
	Septiembre	215	240	25
	Octubre	223	237	14
	Noviembre	198	234	35
	Diciembre	224	230	6
2015	Enero	216	228	11
	Febrero	196	224	29
	Marzo	217	222	5
	Abril	212	220	9
	Mayo	209	218	9
	Junio	215	214	1
	Julio	224	213	11
	Agosto	217	213	4

Tabla 33. Pronósticos y errores, L1-M17-B02163

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	485	489	4
	Febrero	431	484	53
	Marzo	446	480	34
	Abril	466	474	8
	Mayo	471	469	2
	Junio	420	464	43
	Julio	421	462	41
	Agosto	415	459	43
	Septiembre	458	454	4
	Octubre	472	452	20
	Noviembre	422	449	27
	Diciembre	468	445	23
2015	Enero	443	448	5
	Febrero	397	445	48
	Marzo	445	442	3
	Abril	441	442	1
	Mayo	431	439	9
	Junio	434	436	2
	Julio	412	437	25
	Agosto	415	437	21

Tabla 34. Pronósticos y errores, L1-M17-B02848

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$\epsilon$
2014	Enero	95	92	3
	Febrero	81	92	11
	Marzo	87	91	5
	Abril	88	91	3
	Mayo	91	91	1
	Junio	83	90	7
	Julio	91	90	1
	Agosto	87	89	3
	Septiembre	91	89	2
	Octubre	95	89	6
	Noviembre	82	89	7
	Diciembre	93	89	4
2015	Enero	90	89	1
	Febrero	83	88	6
	Marzo	91	88	2
	Abril	89	89	1
	Mayo	88	89	1
	Junio	90	88	1
	Julio	92	89	3
	Agosto	74	89	15

Tabla 35. Pronósticos y errores, L1-M17-B01177

Año	Mes	Datos	$\hat{Y}_t$	$e$
2014	Enero	62	56	6
	Febrero	54	55	2
	Marzo	57	55	2
	Abril	60	55	5
	Mayo	57	55	2
	Junio	55	55	0
	Julio	56	56	1
	Agosto	51	56	5
	Septiembre	53	56	2
	Octubre	53	55	2
	Noviembre	43	55	12
	Diciembre	61	54	7
2015	Enero	61	55	6
	Febrero	56	55	1
	Marzo	60	55	5
	Abril	60	56	5
	Mayo	57	56	2
	Junio	59	56	3
	Julio	59	56	3
	Agosto	57	56	0