



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ECONOMIA

LA METODOLOGÍA BOX - JENKINS UTILIZADA  
PARA PRONOSTICAR LA PRODUCCIÓN DE  
PETRÓLEO CRUDO EN MÉXICO, DE ENERO A  
MAYO DE 2006

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIANDO EN ECONOMÍA  
PRESENTA

JOSÉ FERNANDO CERVANTES PEÑA

ASESOR: LIC. HORTENSIA MARTÍNEZ VALDEZ



MÉXICO D.F.

AGOSTO 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*La economía es una ciencia de pensar en términos de modelos,  
junto con el arte de escoger los modelos  
que son relevantes al mundo contemporáneo.  
John M. Keynes (1937)\**

A mi mamá...

\*Citado por Loria Eduardo (2007), *Econometría con aplicaciones*, Pearson Prentice Hall

## AGRADECIMIENTOS

La vida me ha permitido convivir con un sin número de personas a las cuales debo su tiempo y consejos, en particular:

A mi Mamá Ana María Cervantes Peña, muchas gracias por seguir luchando incansablemente para ver a tu niño crecer, mil gracias por tus enseñanzas, tú tiempo y sobre todo el amor que me acompaña en cada segundo.

La etapa de mi vida que estoy apunto de comenzar no hubiera sido posible sin tu ayuda incondicional, recuerda que siempre voy a estar contigo para salir adelante.

A mi abuelita Josefa Peña, aunque el recuerdo de haberte conocido no es como el que yo quisiera, existen los relatos de personas que me hacen sentir todo el amor con el que me recibiste y criaste hasta el último día de tu vida. Gracias.

Al Dr. Jorge Yap Estrada, cuando alguien muy querido se va deja un vacío muy grande en el corazón, hoy se que desde el cielo estas con nosotros para guiarnos por el camino correcto, como te lo dije en su momento gracias, mil gracias, para mi fuiste y seguirás siendo un ejemplo de vida.

A Laura Campos, Kweilan y Hein Yap Campos, mil gracias por haberme permitido ser un miembro más de su familia. Hermanitos sin todas las risas, los regaños y las lágrimas compartidas no sería el mismo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, número 74 del mundo y al campus de Ciudad Universitaria, considerado patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO, a los profesores de la Facultad de Economía, en particular a Hortensia Martínez Valdez y a Enrique López Santiago, mil gracias por todo el apoyo que me brindaron para concluir mi preparación a nivel licenciatura.

A Don Jesús Ramos, Beatriz Cervantes, María Antonia y Andrea Ramos Cervantes, muchas gracias por todo su apoyo en los momentos difíciles y por supuesto todas las alegrías vividas a su lado.

A Gerardo Cervantes, Adriana García, Rocío y Daniel Cervantes García, familia muchas gracias por los consejos y el apoyo que me han brindado en todo momento.

A Erika Patricia Acosta Capilla, gracias por todo tu apoyo en la realización de este trabajo y mil gracias por todo este tiempo que hemos compartido juntos, definitivamente me ayudaste a ser un mejor estudiante y una mejor persona.

A las familias Acosta Capilla y Capilla Bermúdez, por haberme abierto las puertas de sus hogares en los momentos en que más lo necesité, en particular a Don Rubén Capilla, a la Sra. Socorro Bermúdez, a Don Jesús Acosta y a la maestra Patricia Capilla.

A todos mis amigos en particular a Aldo Ocampo, Arturo Martínez, Cristian Uriza, Edgar Lomeli, Erick Martínez, Héctor Alvarado, José Manuel Prieto, Ulises Herrera y sus familias.

A Dios por haberme dado la oportunidad de nacer en un país como México para el cual estoy dispuesto a entregarme con el fin de contribuir a la construcción de una mejor nación.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	5
<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA</b>	
<b>PETROLERA MEXICANA .....</b>	<b>9</b>
1. Antecedentes .....	9
2. Producción de petróleo crudo en México de enero de 1990 a diciembre de 2005 .....	13
3. Importancia del pronóstico de la producción de petróleo crudo en México .....	19
4. Planteamiento del problema. ....	20
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA BOX – JENKINS .....</b>	<b>21</b>
1. Procesos estacionarios .....	22
2. Fases de la Metodología Box- Jenkins .....	29
<b>CAPÍTULO III. EXPECTATIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE</b>	
<b>PETRÓLEO EN MÉXICO DE ENERO - MAYO 2006 .....</b>	<b>42</b>
1. Identificación .....	43
2. Estimación de los modelos .....	48
3. Verificación de los modelos .....	55
4. Pronóstico para la producción de petróleo crudo en México .....	56
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A. BASE DE DATOS .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO B. ESTADÍSTICO .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>84</b>

# INTRODUCCIÓN

El futuro atrae e intriga a todos, se le quiere conocer para poder manipularlo o cambiarlo; razón por la cual han surgido las proyecciones cuantitativas y las predicciones cualitativas.

El ser humano, desde siempre, ha permanecido deseoso de conocer su entorno, de igual manera tiene la inquietud de conocer su futuro, elementos clave de la civilización. De este modo existen diferencias fundamentales que el ser humano tiene sobre cualquier otro ser vivo, cuenta con inteligencia que le permite construir el conocimiento basándose en la creación de distintas formas de investigación.

No sólo ha intentado descubrir su futuro, ha generado también mejores formas de imaginarlo. Esta búsqueda permitió el origen de diversos métodos, desde los más primitivos (la mayoría provenientes de la antigüedad y la edad media, muchos de ellos existentes hoy en día), hasta los relativamente modernos y más sofisticados.

Entre los métodos analíticos más utilizados en los últimos años se encuentra el análisis de series de tiempo, el cual es utilizado para predecir el comportamiento de una variable a partir de la información generada en el pasado. En adelante se estudiará como construir un modelo para explicar la estructura y la evolución de una variable observada al corto plazo.

En el momento en que se realizan predicciones sobre el futuro de manera cualitativa o cuantitativa utilizando información pasada o no, se está dando un pronóstico, el cuál nos permite tomar decisiones para mejorar procesos con el fin de evitar una catástrofe que podría afectar de manera

significativa a nuestro entorno. Entre los pronósticos que muy frecuentemente podemos observar y analizar en la vida diaria, se encuentran los de ventas de cualquier tipo de producto o servicio, el rendimiento de la producción, el de tendencias económicas, el comportamiento del clima, etc.

En la economía, así como en otras áreas de la investigación, se ha vuelto una práctica muy común la aplicación de distintas técnicas estadísticas de análisis de series de tiempo, con el objetivo de encontrar pronósticos fundamentados estadísticamente en metodologías de análisis que permitan la generación de nuevas teorías, siendo, el estudio de la evolución de las acciones en bolsa donde se han realizado mayores esfuerzos.

El tema del petróleo ha tomado gran importancia en México y en el mundo, ya que se mueven intereses políticos y económicos. Después de los atentados del 11 de septiembre de 2001 en Nueva York y Washington, la producción y venta de petróleo tomo al parecer un dinamismo rotundo, paradójicamente estos sucesos resultaron un combustible para la industria petrolera mundial.

Con el pretexto de liberar al pueblo iraquí de la dictadura de Sadam Husein, los Estados Unidos se han apoderado de su territorio así como de los grandes yacimientos de petróleo crudo que se encuentran en aquella parte del mundo. Recientemente, se han presentado nuevas amenazas de invasión por parte del ejercito norteamericano al territorio Iraní, obviamente el interés por las reservas de petróleo que guardan los países de medio oriente llaman mucho la atención de los estadounidenses, al estar presenciando la crisis de los yacimientos de crudo en Occidente.

En México, a mediados del 2005 tras el anuncio oficial por parte de la paraestatal Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Compañías Subsidiarias (“PEMEX”), de que las reservas

probadas de petróleo crudo se encontraban en una crisis rotunda, el gobierno de Vicente Fox reaccionó ante esta situación, ya que como sabemos, las finanzas públicas del país dependen significativamente de los ingresos obtenidos por la venta de este vital energético.

En Junio del 2005 el Congreso de la Unión aprobó el nuevo régimen fiscal de PEMEX, el cual a partir de 2006 le proporcionó un mecanismo que permite una transición gradual entre el régimen fiscal anterior y una menor carga fiscal para la empresa, debido a que la recaudación se encuentra asociada directamente a la producción y esta a su vez, al nivel de inversión que PEMEX ejerza. La disponibilidad adicional de recursos propios del nuevo régimen fiscal estimada en 22 mil millones de pesos<sup>1</sup>, se reflejará en mayores niveles de inversión que a su vez se traducirá en una mayor producción de hidrocarburos y en mayor recaudación.

Por tal motivo el pronóstico del comportamiento de las variables petroleras en México se ha vuelto un tema muy importante, por ejemplo, el de la producción de petróleo para no caer en una sobre producción o evitar una sub producción de este vital energético.

Dado lo anterior, en esta investigación se aplicará la metodología Box Jenkins para pronosticar la producción de crudo en México de enero a mayo de 2006. Con el objetivo de aplicar una metodología de predicción que no necesariamente se base en la teoría económica para predecir el comportamiento de una variable a futuro. Se intenta demostrar que no necesitamos conocer una variable a partir de su análisis cualitativo para aplicar una metodología de predicción; en resumen, esta metodología utiliza el comportamiento de la variable en el pasado, para pronosticar su futuro. Se utilizarán los datos proporcionados por el Sistema de Información Energética (SIE) que es

---

<sup>1</sup> El Financiero, “Aprueban nuevo régimen fiscal de PEMEX; venció el Senado”, Miércoles 29 de junio de 2005.



administrado por el Gobierno Federal, en coordinación con las distintas instituciones encargadas de la generación, distribución y regulación de energéticos en México.

El pasado de la variable estará delimitado en el periodo 1990 – 2005 de manera mensual, se utilizará esta periodicidad debido a que el objetivo de esta tesina es predecir de manera mensual la producción promedio de barriles de petróleo crudo diaria. Por lo anterior, el presente trabajo está organizado de la siguiente manera:

El capítulo uno expone la importancia del pronóstico de la producción de petróleo crudo en México, haciendo un breve análisis sobre la situación actual de la industria petrolera mexicana.

En el capítulo dos se explica la metodología Box-Jenkins, publicada en 1976 en el libro “Time Series Analysis: Forecasting and Control” de George E.P. Box y Gwilym M. Jenkins, la cual resulta ser uno de los grandes avances en el estudio de las series de tiempo, donde además se formalizó la metodología de los modelos Autorregresivos Integrados de Promedios Móviles o modelos ARIMA, por sus siglas en inglés, que provee el menor error de varianza en la predicción, así como ponderar de una mejor forma las observaciones, ya que se fundamentan en la teoría de los procesos estocásticos.

El capítulo tres contiene los resultados de la aplicación de la metodología Box-Jenkins en la pronóstico del comportamiento de la producción de petróleo crudo en México de los meses de enero a mayo del 2006, apoyándose en un anexo estadístico conformado por todos los resultados obtenidos utilizando el programa de computo E-views.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA

### PETROLERA MEXICANA

#### 1. Antecedentes

Actualmente el petróleo está considerado como un símbolo de soberanía e identidad nacional, para muchos, un baluarte económico del desarrollo nacional. Se ha hecho creer que nuestro país es extremadamente rico en reservas de hidrocarburos, sin lugar a dudas, esto fue cierto por lo menos durante el auge petrolero de principios de la década de los ochenta, debido a que en la década anterior se descubrieron los siguientes complejos petroleros: Antonio J. Bermúdez, Jujo – Tecominoacán, Abkantún – Pol – Chuc y el activo integral Cantarell, importantes en la explotación de crudo hasta hoy en día.

Desde el sexenio de Miguel de la Madrid, fue necesario corregir los excesos y los fraudes cometidos durante los años de administración de la abundancia que lo antecedieron, por tal motivo se instrumentaron políticas de austeridad con un enfoque que frenó las inversiones en petróleo e inició una era en la que PEMEX ya no contaría con recursos propios para diversas tareas, en particular para exploración y para nuevos complejos de refinación y petroquímica.

La primer acción del gobierno de Carlos Salinas en materia energética, fue la intervención militar que permitió encarcelar al líder sindical de los petroleros, Joaquín Hernández Galicia, “La Quina”, se restringieron los recursos destinados a la inversión petrolera, se disminuyó la planta laboral, se

desmantelaron las áreas de ingeniería y las brigadas de exploración, y se cerró la refinería de Azcapotzalco, medida que redujo la capacidad de producción nacional de gasolinas. Desde esta época, PEMEX se vio en la necesidad de incrementar la importación de gasolinas que llegó a representar el 25% de la demanda nacional.

En julio de 1992, el Congreso aprobó la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, así comenzó el proceso de descentralización de funciones y recursos mediante la reestructuración administrativa y organizativa bajo el concepto de líneas integradas de negocios que incorpora criterios de productividad, responsabilidad y autonomía de gestión.

Se crearon 4 organismos subsidiarios de carácter técnico, industrial y comercial con personalidad jurídica y patrimonio propio: PEMEX Exploración y Producción, PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Petroquímica, los 4 bajo la supervisión del Corporativo Central, lo que originó que la empresa quedara desarticulada.

Para 1994, el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) abrió espacios a los contratistas internacionales en todas las obras mayores. PEMEX vendió casi todos sus equipos de perforación a fin de que las empresas privadas realizaran tareas clave en los propios pozos petroleros.

Para la segunda mitad de la década de los 90's, Ernesto Zedillo mantuvo la restricción a la inversión pública en el procesamiento de petróleo, pero elevó fuertemente la inversión destinada a la producción y exportación de petróleo para hacer frente a la crisis financiera del país. La exportación

de crudo creció de manera muy significativa entre 1995 y 2000, siendo Estados Unidos el beneficiario directo.

A pesar de los diferentes signos que se habían presentado en los sexenios anteriores, durante el de Vicente Fox, PEMEX no se privatizó y se mantuvo como instrumento para cumplir con el mandato constitucional del dominio de la nación sobre los recursos naturales, ejerciendo una función de rectoría sobre la explotación de los hidrocarburos. Esta etapa se caracterizó por una carencia significativa de maniobra política, impidiendo la generación de consensos en pro del crecimiento económico y del saneamiento de las finanzas de PEMEX.

El presente de PEMEX, a 7 años de haber entrado en un nuevo milenio, se encuentra en medio de una gran incertidumbre en cuanto a su misión, ya que financieramente no es sustentable, por lo que su futuro se visualiza muy poco alentador.

Asimismo, enfrenta una compleja problemática política, económica, fiscal, industrial y laboral; incluso presiones internacionales para exportar más petróleo y permitir la inversión privada y directa en sus diversas actividades, actualmente reservadas a la nación por mandato constitucional.

Hoy en día, PEMEX es una empresa monopólica en tiempos de apertura comercial y competencia, tiempos en que el estado mexicano ha dejado de participar económicamente en las actividades de la nación, tiempos que no se comparan a los vividos durante 1938 con la expropiación petrolera, cuando el estado fue un motor del desarrollo y crecimiento económico en México.

Desafortunadamente no se ha definido el papel del estado en algunos sectores de la economía, lo que ha generado fuertes presiones para abrir y privatizar las empresas públicas, en particular la petrolera.

Como sociedad en general, no se ha entrado al debate de la privatización a futuro de la industria petrolera, para así reconocer jurídicamente la participación de la iniciativa privada como complemento o sustituto de la inversión pública, o bien, que siga siendo un monopolio estatal, como ha sido hasta ahora.

Se percibe hoy que PEMEX, más que una empresa ejecutora de obras o un eficiente promotor del desarrollo económico, es un organismo de gobierno con la obligación de generar recursos fiscales y con el encargo de administrar y monitorear las actividades de la industria petrolera, que suelen ser realizadas por empresas contratistas y no por el propio PEMEX.

De este modo, el dominio directo de la nación sobre los hidrocarburos, establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, finca toda la responsabilidad del crecimiento de la industria petrolera en una sola empresa que hoy es excesivamente regulada, sin autonomía financiera y con gestión limitada y una carga fiscal excesiva.

Ningún gobierno en las últimas dos décadas, ha tomado en serio el reto de despetrolizar las finanzas públicas. Hoy en día, éstas dependen menos del petróleo que durante el auge petrolero de principios de la década de los 80's, pero ello no es atribuible a un esfuerzo por despetrolizar las finanzas, sino al crecimiento relativo de las exportaciones no petroleras y de otras actividades económicas.

Pese a los esfuerzos en investigación y desarrollo realizados en diferentes países (sobre todo Estados Unidos) desde los años setenta, las nuevas fuentes de energía siguen siendo irrelevantes frente a una demanda en crecimiento de los combustibles. Los hidrocarburos seguirán siendo insustituibles como base de la producción de energía a nivel mundial, como ejemplo encontramos el incremento significativo la demanda mundial de combustibles utilizados para los medios de transporte y en gran parte de las instalaciones industriales. De esto se deriva su importancia estratégica en la geopolítica mundial y el enorme interés de países como Estados Unidos (que son grandes consumidores, pero carecen de reservas de energéticos) por asegurar su abasto suficiente y oportuno. De ello se desprenden serias presiones económicas y de seguridad nacional de los países productores y exportadores de petróleo como México, que al ser vecino de Estados Unidos y poseer importantes reservas de petróleo se convierte en un objetivo prioritario de la estrategia petrolera estadounidense, que busca funcionar como una fuente confiable y económicamente suficiente de ese energético.

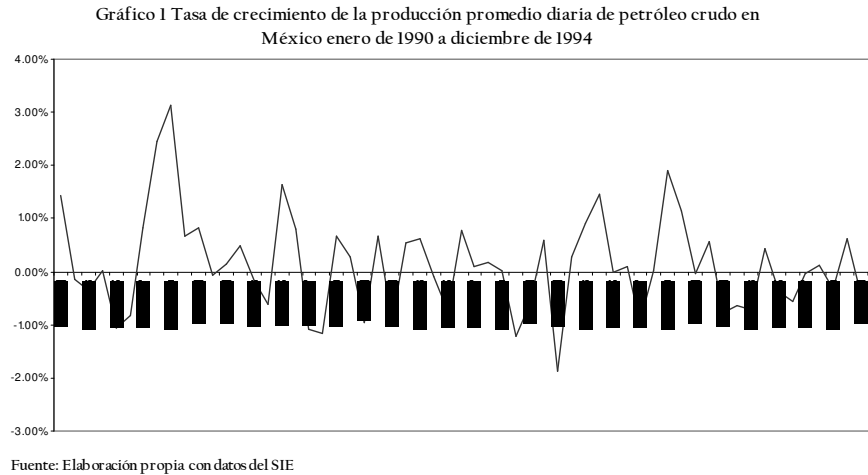
## **2. Producción de petróleo crudo en México enero de 1990 a diciembre de 2005.**

Con el fin de brindar una explicación detallada del comportamiento de la variable, se dividieron los datos que conforman el pasado de la producción de crudo por sexenios a partir del año 1990 y hasta el año 2005.

### **2.1 Periodo 1990-1994 (Gobierno de Carlos Salinas de Gortari)**

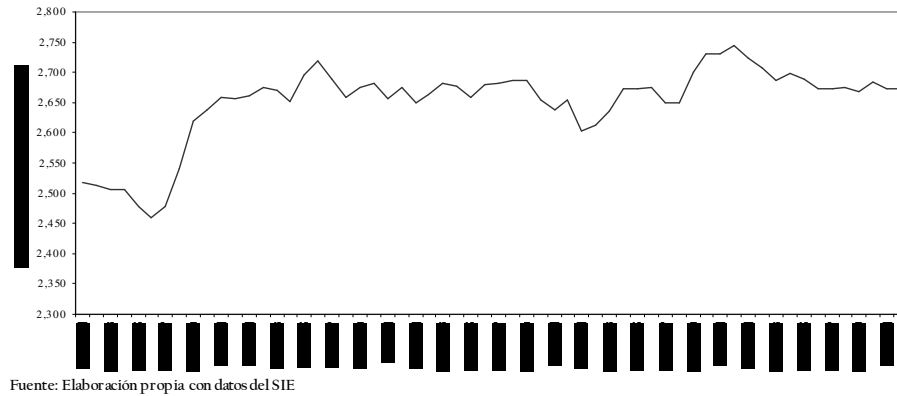
A partir de enero de 1990 y hasta diciembre de 1994 la producción diaria de crudo mantuvo niveles de crecimiento muy cercanos a cero, este comportamiento es quizá el efecto provocado por los bajos niveles de inversión pública destinada a las actividades de la industria petrolera mexicana en

particular en la exploración y explotación de nuevos yacimientos con el fin de reponer las reservas de crudo existentes. La tasa de crecimiento del periodo antes descrito se calculó en 4.19%, ver gráfico 1.



En 1990 la producción de petróleo crudo en México ascendió a 2,517 miles de barriles diarios promedio (en adelante, mbd) como podemos observar en la gráfica 2, en el mes de septiembre de ese año, la producción de crudo decrece 3.14% en comparación con el mes anterior debido a la vulnerabilidad a los cambios climatológicos que se presenta durante los meses de junio a noviembre en el Golfo de México. Durante 1991, se registró un crecimiento anual de 5.02%, cerrando el año con 2,676 mbd. Pese a lo anterior, para 1992, la producción de crudo se deterioró al decrecer 0.3%, con una producción promedio diaria de 2,668 mbd, siendo nuevamente el clima el factor clave en la disminución de la producción de crudo. Durante 1993 y hasta diciembre de 1994 la producción petrolera mexicana mantuvo un bajo nivel de crecimiento debido a las políticas de contracción del gasto público en la industria petrolera desde hace poco más de 10 años, ver gráfico 2.

Gráfico 2 Producción de petróleo crudo en México de enero de 1990 a diciembre de 1994

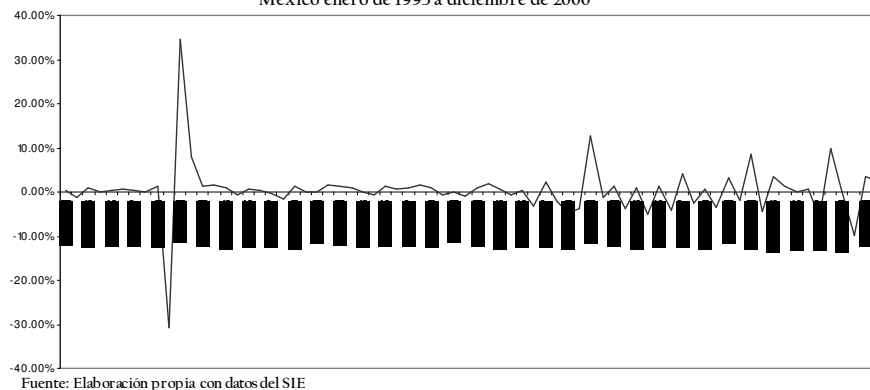


## 2.2 Periodo 1995-2000 (Gobierno de Ernesto Zedillo Ponce de León)

La tasa de crecimiento de este periodo fue de 13.53%, lo que representa cerca de 9.34 puntos porcentuales más que el año anterior, efecto del incremento de la demanda de petróleo del exterior,

Para octubre de 1995, se presentó una variación importante, cuando la producción de crudo sufrió un decremento del 30% provocado nuevamente por la presencia de huracanes que afectan en particular la Sonda de Campeche, según lo explicado por las autoridades encargadas del monitoreo de las variables del sector energético. Dicho comportamiento, se contrarrestó para noviembre, al incrementarse la producción en un 34%. Lo anterior, demuestra la vulnerabilidad de la explotación de petróleo mar adentro, a los cambios climáticos, ver gráfico 3.

Gráfico 3 Tasa de crecimiento de la producción promedio diaria de petróleo crudo en México enero de 1995 a diciembre de 2000

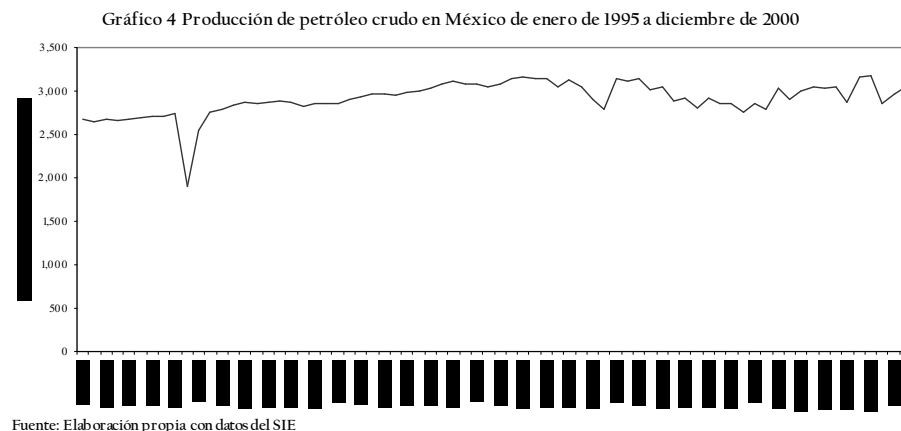




En 1996, la producción de crudo se incrementó 9.18%, en términos anuales, con una producción diaria de 2,858 mbd. Por otro lado, 1997 marcó el inicio de una nueva fase de expansión de la industria petrolera mexicana, mediante la ejecución de importantes megaproyectos para incrementar los volúmenes de producción de crudo.

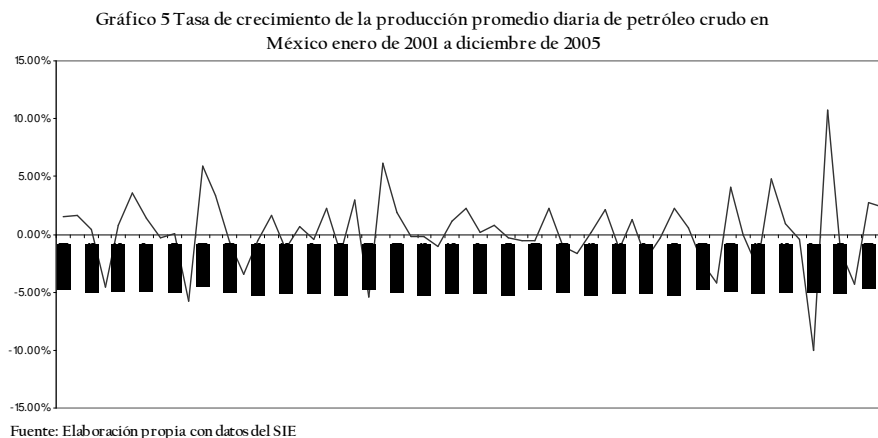
Por su importancia estratégica y económica, se inició el "Proyecto Cantarell", ubicado en la Sonda de Campeche, para renovar, modernizar y ampliar la infraestructura de este complejo, la producción diaria promedio se ubica en 3,0212 mbd, 5.72% mayor que el año anterior. Sin embargo, a pesar de haberse superado la barrera de 3,000 mbd promedio, en 1999 se registra la tasa crecimiento anual más baja del periodo de análisis, siendo ésta de -5.36%, donde el comportamiento a la baja ya se venía registrando.

En el 2000, el valor promedio mensual de la producción de petróleo crudo en México ascendió a 3,012 mbd, a partir de aquí y hasta 2003 la producción de petróleo registro tasas de crecimiento muy elevadas en comparación a las registradas en todo el periodo de análisis, ver gráfico 4.



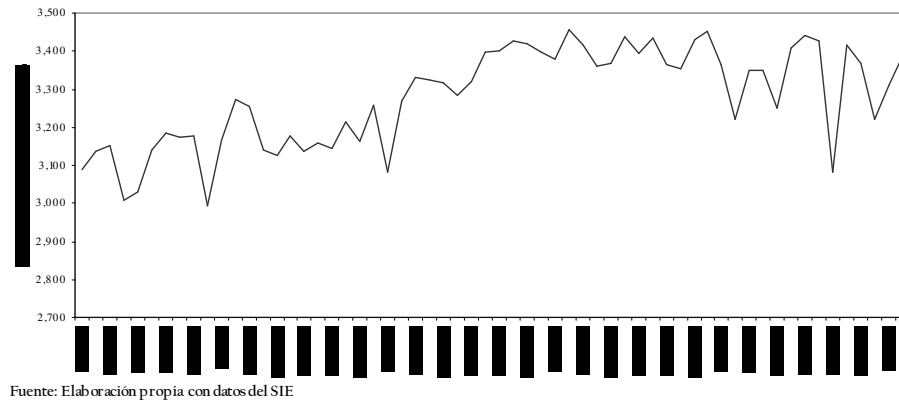
### 2.3 Periodo 2001-2005 (Gobierno de Vicente Fox Quezada)

El año 2000 marca el inicio del establecimiento de las bases para el diseño del Plan Estratégico 2001-2010, en el cual se proponen las estrategias operativas para maximizar el valor económico de las actividades operativas de PEMEX, la modernización de su administración para generar ahorros, así como los cambios necesarios en la relación con el Gobierno Federal, tales como un nuevo tratamiento fiscal, una nueva regulación basada en el desempeño y un control administrativo moderno de acuerdo a resultados. En este mismo año se inició una nueva era en la industria petrolera mexicana con la implantación de estrategias orientadas a buscar un crecimiento dinámico de Petróleos Mexicanos, mediante la ejecución de importantes proyectos dirigidos a la producción de crudo ligero. La tasa de crecimiento de este periodo fue de 9.73%, lo que representa cerca de 3.80% puntos porcentuales menos que el año anterior, ver gráfico 5.



En 2001 la producción de crudo creció 3.83% mientras que en 2002 se registro un incremento de 1.58% ubicándose la producción promedio en 3,176 mbd. Durante 2003, se registró una tasa de crecimiento de 6.11%, el mayor crecimiento del periodo a analizar. El 2004 presentó un incremento de apenas 0.38% con respecto al año anterior registrando en promedio 3,383 mbd. En 2005 decrece 1.45% la producción de crudo debido fundamentalmente al declive natural del gigante Cantarell que hasta ese momento representa el 65% de la producción diaria de México, ver gráfico 6.

Gráfico 6 Producción de petróleo crudo en México de enero de 2001 a diciembre de 2005



Con base en la información proporcionada por el Sistema de Información Energética, se puede concluir que la producción de petróleo crudo en México, durante el periodo a analizar, a pesar de estar plagado de múltiples cambios a nivel institucional, político y económico resulta no tener una desviación estándar elevada, esto se comprueba observando la gráfica del comportamiento de la producción y la gráfica de tasa de crecimiento, ver Anexo A pág. 64. En este sentido, los niveles de crecimiento que alcanzó la producción de petróleo crudo fue 32.02% de 1988 a 2005.

Durante la primer década de análisis el precio de la mezcla mexicana de exportación se mantuvo alrededor de los 14 dólares por barril, hoy en día la mezcla mexicana se vende en 55.46 dólares por barril, en este sentido los ingresos por concepto de la venta de petróleo crudo se han incrementado, sin embargo no han tenido un impacto significativo en las finanzas de la paraestatal, por lo que en 2005 se aprobó el nuevo régimen fiscal de PEMEX, situación que se espera tenga un impacto positivo y marque el inicio de la renovación y el saneamiento de las finanzas de PEMEX.

Después de haber conocido los principales cambios que se dieron al interior de PEMEX, así como de analizar los cambios y las variaciones que ha sufrido la variable de estudio, se presentará la importancia de realizar una proyección a futuro sobre la variable.

### 3. Importancia del pronóstico de la producción de petróleo crudo en México.

La producción de petróleo crudo resulta ser el parte aguas del dinamismo del país, ya que gracias a los niveles tan elevados que presenta PEMEX en esta actividad, la misma empresa necesita rigurosamente de inversión en tecnología especializada, ésta es una de las razones por las que se observa que la tasa de crecimiento de la producción de crudo en nuestro país es prácticamente de 1 dígito.

Lo anterior, se debe a que al incrementarse la producción, los niveles de inversión en tecnología al interior de la empresa deben de ser mayores, situación que ha venido desencadenando incrementos en las formas de financiamiento de los desarrollos de explotación de crudo del país.

Por lo tanto, si se puede predecir con un margen de error mínimo el nivel de la producción de crudo promedio que se presentará en un futuro, se podrá calcular a su vez el nivel de desarrollo que requerirá la empresa para seguir sosteniendo dicho nivel de producción.

En México, los yacimientos de petróleo conocidos y en explotación se encuentran en el subsuelo marino, por lo que es necesario explorar mar adentro para encontrar dichos yacimientos que cuenten con la capacidad de proporcionar cantidades suficientes para solventar la demanda creciente de nuestros compradores, así como la demanda al interior del país.

Dicha explotación es más costosa que la que se realiza “tierra adentro” por tanto esta situación incrementa los niveles de inversión.

#### 4. Planteamiento del problema

Después de haber realizado una investigación sobre los principales acontecimientos en la industria petrolera mexicana de las últimas dos décadas, es posible considerar que la producción de petróleo crudo en México es una variable que presenta mayor influencia dentro de la industria petrolera nacional, después las reservas de petróleo crudo. En adición, después de realizar un análisis previo de la variable, se puede concluir que la producción cuenta con una desviación estándar mínima, primera condición de tipo rigurosa para aplicar la metodología Box-Jenkins en la determinación del comportamiento de cualquier variable a futuro.

La variable producción de petróleo crudo en México se identifica en la presente investigación por la abreviatura petrolprod.

Con el objetivo de estimar el comportamiento de la producción de petróleo crudo en México, se procede a identificar en primer lugar, con base a la información preliminar, un modelo tentativo. Después, se estimarán los parámetros. Y, por último, usando los coeficientes estimados, la bondad de ajuste de modelo será evaluada.

En el supuesto caso de que el ajuste efectuado sea satisfactorio, el proceso de identificación del modelo es completo. Sin embargo, si el ajuste no es satisfactorio se debe reapplicar el primer paso y tratar de identificar otro modelo tentativo. Comúnmente, el primer paso es referido como etapa de identificación del modelo, el segundo como etapa de estimación y el último paso del ciclo de construcción lo constituye la etapa de verificación.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA BOX JENKINS

En la literatura econométrica existen diversos métodos para predecir el comportamiento de una variable basado en la información pasada, entre ellos están el método de alisamiento exponencial, los modelos de regresión uniecuacional, los modelos de vectores autorregresivos y los modelos de regresión de ecuaciones simultáneas. Aunque todos ellos persiguen el mismo fin, no todos tienen la misma rigurosidad predictiva, ya que generalmente la ponderación que se le da a los valores observados de las series, se realiza bajo supuestos bastante restrictivos. A pesar de esto, existe un método diferente que no sólo pondera de una mejor forma las observaciones, sino que provee el menor error de varianza en la predicción, lo que fortalece su capacidad predictiva.

Uno de los grandes avances en el estudio de las series de tiempo se produjo en el año de 1976, con el surgimiento del libro “Time Series Analysis: Forecasting and Control” de George E.P. Box y Gwilym M. Jenkins, donde se formalizó la metodología de los modelos Autorregresivos Integrados de Promedios Móviles o modelos ARIMA<sup>2</sup>, que se fundamentan en la teoría de los procesos estocásticos, definidos como procesos aleatorios que incluyen una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo<sup>3</sup>.

Si se considera una variable  $Y$  aleatoria y continua, es posible expresarla como  $Y(t)$ , pero si dicha variable es discreta, se expresa como  $Y_t$ , ya que los datos se recopilan en puntos discretos en el

---

<sup>2</sup> Por sus siglas en inglés

<sup>3</sup> Maddala G.S. (1988), *Econometría*, Mc Graw Hill, México

tiempo. Dada la naturaleza de la variable de estudio, la notación anterior será la que se utilice durante el siguiente análisis.

## I. Procesos Estacionarios

Antes de pasar a describir algunas de las estructuras estocásticas lineales más importantes que pueden presentar las series temporales, como son los procesos estacionarios, es necesario hacer una breve introducción al concepto de estacionariedad de una serie temporal.

### a. El concepto de estacionariedad

La idea básica del concepto de estacionariedad es que “las leyes de probabilidad que gobiernan los procesos no cambian con el tiempo”<sup>4</sup>, esto es, el proceso permanece en equilibrio estadístico. Formalmente, un proceso estocástico  $\{Y_t\}$  es estacionario en sentido estricto cuando el vector de variables  $(Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_m})$  tiene la misma distribución de probabilidad conjunta que el vector  $(Y_{t_1+k}, Y_{t_2+k}, \dots, Y_{t_m+k})$  para todo punto temporal  $t$  y todo retardo  $k$ . Dicho de otra manera las funciones de densidad son constantes sobre el tiempo si y solo si:

$$\text{Prob}(Y_{t_1}, Y_{t_2}, \dots, Y_{t_m}) = \text{Prob}(Y_{t_1+k}, Y_{t_2+k}, \dots, Y_{t_m+k})$$

Específicamente, cuando  $n=1$  la distribución univariada de  $Y_t$ , es la misma que la de  $Y_{t-k}$  para cualquier retardo  $k$ . Como consecuencia, la media y la varianza de  $Y_t$ , son constantes y por lo tanto independientes del tiempo. Cuando  $n=2$ , la distribución bivariada del par  $(Y_t, Y_s)$  debe ser la misma que la del par  $(Y_{t-k}, Y_{s-k})$ . Así pues, en un proceso estacionario en sentido estricto. La

---

<sup>4</sup> Cryer, J. (1986), Time series analysis. Boston : PWS-KENT Publishing Company.

covarianza<sup>5</sup> entre  $Y_t$ , y  $Y_{t-2}$ , es igual a la covarianza entre  $Y_s$  y  $Y_{s-2}$  para todo  $t$  y todo  $s$ , aunque distinta de la covarianza entre  $Y_t$ , y  $Y_{t-1}$  o  $Y_t$  y  $Y_{t-3}$ , las cuales a su vez serán constantes en el tiempo y distintas entre sí.

Se dice que un proceso estocástico o serie temporal es estacionario en sentido débil cuando los momentos de primer y segundo orden del proceso, además de existir, son constantes en el tiempo.

Esto es, si para todo  $t$

$$E(Y_t) = \mu$$

$$E[(Y_t - \mu)^2] = \sigma^2$$

$$E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] = E[(Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu)] = \gamma$$

( $k = 0 \pm 1 \pm 2 \dots$ )

Una definición que es similar a la estacionariedad en sentido estricto, si bien matemáticamente más blanda y que es la que se utiliza en la práctica “es la estacionariedad en sentido débil, homogéneo o de segundo orden”<sup>6</sup>.

Por consiguiente, un proceso estacionario de segundo orden es aquel que tiene una media y una varianza que se mantienen invariantes a lo largo del tiempo, a la vez la covarianza entre los valores del proceso en dos puntos cualesquiera del tiempo depende solamente de la distancia entre ellos y

---

<sup>5</sup> El análisis de la covarianza es una técnica estadística que, utilizando un modelo de regresión lineal múltiple, busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa pero corrigiendo las posibles diferencias existentes entre los grupos en otras variables que pudieran afectar también al resultado (covariantes). En el estudio conjunto de dos variables, lo que interesa principalmente es saber si existe algún tipo de relación entre ellas.

<sup>6</sup> Shumway, R.M. (1988), Applied statistical time series analysis. New Jersey, Prentice Hall, Englewood Cliffs.



no del tiempo en sí mismo; es decir, depende de la diferencia absoluta entre  $t$  y  $k$   $|t - k|$  y no del tiempo actual  $t$  y  $k$ .

Algunas de las condiciones para definir un proceso estacionario en sentido débil son relativamente fáciles de comprobar. Por ejemplo, si se divide la serie temporal en dos segmentos de igual longitud, las dos series resultantes deben tener el mismo nivel, pues de no ser así la serie se desplaza o presenta tendencia y por lo tanto, no se puede decir que la media sea constante para todo  $t$ . En la práctica esto no representa mayor problema, pues si la serie no es estacionaria en sentido homogéneo, sucesivas diferenciaciones pueden ser efectuadas hasta que la serie presente un nivel constante a lo largo de su curso e incluso realizar la transformación logarítmica de la variable. Esto con el fin de identificar la tendencia que presente la variable a analizar y proceder a eliminarla para estar en condiciones de afirmar que la variable es estacionaria, ya que en la práctica lo que se busca es que la serie sea estacionaria con media cero y varianza constante.

## b. Modelos Autorregresivos

Un ejemplo de los modelos autorregresivos presentes en el análisis de las variables de la ciencia económica, es el proceso autorregresivo de primer orden  $[AR(1)]$ . Dicho modelo puede representarse adecuadamente mediante la siguiente ecuación:

$$Y_t = L + \phi_1(Y_{t-1} - L) + \varepsilon_t$$

donde la constante  $L$  representa el nivel de la serie, el parámetro “fi” ( $\phi$ ), además de constante está restringido al intervalo ( $\phi < \pm 1$ ) y por último  $\varepsilon_t$  es un proceso puramente aleatorio o de ruido blanco<sup>7</sup>, mejor conocido como la perturbación del modelo de regresión, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza constante. La semejanza entre el modelo

---

<sup>7</sup>En un proceso de ruido blanco, cada valor del proceso es independiente de su pasado (es una completa sorpresa).

de la ecuación anterior y el de la regresión simple es claro, no obstante, a diferencia del modelo de regresión, el proceso sólo puede ser estacionario si  $|\phi| < 1$ .

Una propiedad importante del proceso autorregresivo de primer orden se refiere a que el modelo puede ser expresado como una suma infinita de rezagos aleatorios pasados. Para demostrar lo anterior, sólo se necesita sustituir "Y", por su valor en la ecuación anterior y continuar con el proceso de manera retroactiva. Al hacer esto, tras diversas sustituciones se llega a la siguiente expresión

$$Y_t = L + \phi_1^{t-1} \varepsilon_1 + \phi_1^{t-2} \varepsilon_2 + \dots + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t = L + \sum_{k=1}^t \phi_1^{t-k} \varepsilon_k$$

de donde se deduce que, un proceso  $AR(1)$ , además de ser idéntico a una suma infinita de rezagos pasados exponencialmente ponderados, coincide con un proceso de media móvil de orden infinito.

Más adelante se analizarán las funciones de autocorrelación del proceso  $[AR(1)]$ .

Si supone que  $Y_t$ , ya no depende sólo de  $Y_{t-1}$  sino también de  $Y_{t-2}$  el proceso autorregresivo de segundo orden  $[AR(2)]$  puede ser empleado para modelar las dos observaciones retardadas de la serie con el fin de predecir la observación actual como sigue:

$$Y_t = L + \phi_1(Y_{t-1} - L) + \phi_2(Y_{t-2} - L) + \varepsilon_t$$

donde  $\varepsilon_t$  es un proceso de ruido blanco independiente de la historia de  $Y_t$ . Si se descompone la ecuación característica en factores se observa como sigue:

$$1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 = (1 - \lambda_1 B)(1 - \lambda_2 B)$$

Donde  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  denotan los recíprocos de las raíces de la ecuación característica y son menores a la unidad. Los valores admisibles de los parámetros para que se satisfaga la igualdad anterior y en definitiva el proceso sea estacionario, resultan del cumplimiento de las restricciones que siguen:

$$\phi_1 + \phi_2 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1 \text{ y } |\phi_2| < 1$$

En general, los procesos autorregresivos de orden  $p$  [AR( $p$ )] pueden ser modelados utilizando  $p$  observaciones retardadas de la serie con el fin de predecir la observación actual. Formalmente:

$$Y_t = L + \phi_1(Y_{t-1} - L) + \phi_2(Y_{t-2} - L) + \dots + \phi_p(Y_{t-p} - L) + \varepsilon_t$$

al igual que en los casos referidos más arriba, si el modelo es estacionario el proceso de ruido blanco  $\varepsilon_t$ , será independiente de  $Y_{t-k}$ , para todo  $k \geq 1$ . Si se sustituye el operador de retardo  $B$ , la ecuación se refleja de la siguiente manera:

$$Y_t = L + \phi_1 B(Y_t - L) + \phi_2 B^2(Y_t - L) + \dots + \phi_p B^p(Y_t - L) + \varepsilon_t$$

$$Y_t = L + (Y_t - L)(\phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p) + \varepsilon_t$$

cambiando de miembro  $\varepsilon_t$  el modelo puede reexpresarse

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

o, simplemente

$$\varepsilon_t = \phi_p(B)^p$$

donde  $\phi_p(B)^p$  se refiere al polinomio característico  $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$ .

### c. Modelos de Medias Móviles

En el apartado anterior se analizó el grado con el cual la función autorregresiva describe un valor observado en el tiempo  $t$ , este se encuentra influenciado por los valores observados en el tiempo  $t-1, t-2, \dots, t-p$ . Pues bien, la función de promedio móvil describe el grado con el cual la

puntuación observada en el tiempo  $t$  está influenciada no por la puntuación anterior, sino por la porción del error o errores anteriores en el tiempo  $t-1, t-2, \dots, t-q$ .

Lo mismo que sucedía con los modelos autorregresivos, los procesos de media móvil también pueden ser descritos en términos de sus órdenes. En concreto, el modelo de media móvil de primer orden [ $MA(1)$ ] se refiere a que la puntuación observada en el tiempo  $t$  está en función del error ocurrido en el tiempo  $t-1$  más un proceso de ruido blanco actual. Formalmente,

$$Y = L + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

donde  $\varepsilon_t \approx (0, \sigma^2)$ <sup>8</sup>.

En el caso del proceso  $MA(1)$ , la condición es la de invertibilidad [ $|\theta_1| < 1$ ]. El proceso es invertible, por lo tanto, el modelo admite una representación autorregresiva de acuerdo con la cual son los valores pasados de la variable  $Y_t$  en lugar de los del error, los que se ven menos afectados por el coeficiente de ponderación cuanto más alejados están en el tiempo. Esta propiedad resulta inmediata si sustituimos en la ecuación que define el proceso estocástico de media móvil  $\varepsilon_{t-1}$  por su valor ( $\varepsilon_{t-1} = Y_{t-1} - L + \theta_1 \varepsilon_{t-2}$ ) en la ecuación resultante tras la última sustitución  $\varepsilon_{t-2}$ , por el suyo, y así sucesivamente. En concreto, llevando a cabo diversas sustituciones se obtiene que:

$$Y_t = \varepsilon_t + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_1^k Y_{t-1} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_1^k L - \theta_1^t \varepsilon_0 = \varepsilon_t - \theta_1^t \varepsilon_0 - \sum_{k=1}^{\infty} \theta_1^k (Y_t + L)$$

y, por tanto, se deduce que un proceso  $MA(1)$ , además de constituir una suma infinita de observaciones pasadas exponencialmente ponderadas, coincide con el proceso  $AR(\infty)$ . Bajo ciertas restricciones y con algunas complicaciones adicionales, se podría continuar con las deducciones y

---

<sup>8</sup> Es un proceso de ruido blanco, distribuido normalmente.

mostrar que cualquier proceso de media móvil invertible de orden finito puede transformarse en un proceso autorregresivo de orden infinito y viceversa, esto es, cualquier proceso autorregresivo estacionario de orden finito puede transformarse en un proceso de media móvil de orden infinito<sup>9</sup>; de ahí la dualidad existente entre los procesos *AR* y *MA*.

Más adelante se analizará las funciones de autocorrelación del proceso *MA*(1).

Si  $Y_t$  no depende sólo de  $\varepsilon_{t-1}$  sino también de  $\varepsilon_{t-2}$ , el proceso de media móvil de segundo orden [*MA*(2)] debe ser empleado. La relación entre la puntuación observada en el tiempo  $t$  y la perturbación aleatoria en el tiempo  $t-1$  y  $t-2$  se expresa por medio de los coeficientes “theta”  $\theta_1$  y  $\theta_2$ . Formalmente,

$$Y = L + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$$

donde  $L$  ya ha sido definida anteriormente,  $\varepsilon_t \approx (0, \sigma^2)$  y los parámetros  $\theta_1$  y  $\theta_2$  satisfacen las siguientes restricciones para cumplir con la condición de invertibilidad.

$$\theta_1 + \theta_2 < 1, \theta_2 - \theta_1 < 1 \text{ y } |\theta_2| < 1$$

En general, los procesos de promedio móvil de orden  $q$  [*MA*( $q$ )] pueden ser modelados usando  $q$  rezagos para predecir la observación actual.

Formalmente,

$$Y_t = L + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

proceso que suele escribirse

$$Y_t = L + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t$$

---

<sup>9</sup> Pulido San Roman, Antonio (1987), Modelos Econométricos. Madrid: Pirámide

o, simplemente

$$Y_t = L + \theta_q(B)\varepsilon_t$$

De nuevo se requiere que las raíces características de la ecuación polinomial  $\theta_q(B)$  caigan fuera del círculo unidad para que el proceso sea invertible y, por ende, estacionario.

## 2. Fases de la Metodología Box - Jenkins

### a. Identificación

En esta fase se analiza el comportamiento de una variable a través del tiempo, con el objetivo de identificar su orden de integración.

En la Metodología Box - Jenkins se elabora una familia de modelos de series de tiempo, que pudiesen ajustarse para explicar la evolución de una variable a lo largo del tiempo. Esta y otras metodologías requieren que los procesos estocásticos utilizados sean estacionarios, se dice que un proceso estocástico es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado<sup>10</sup>.

Esta metodología requiere que la variable en serie de tiempo que se analice cumpla con las condiciones de estacionalidad:

---

<sup>10</sup> Gujarati Damodar N. (2003), *Econometría*, Mc Graw Hill, México.

En la primer condición el valor promedio de la serie debe tener media constante a través del tiempo, es decir,  $E(Y_t) = \mu < \infty$ , donde  $\mu$  está definida. En otras palabras las series oscilan alrededor de un nivel constante.

La segunda condición se refiere a que las oscilaciones tienen regularidad en su comportamiento, ya que no hay explosiones de volatilidad (varianza),  $\text{var}(Y_t) = \sigma^2 < \infty$ , donde  $\sigma^2$  está definida.

En la tercer condición los patrones de co-movimiento (la autocorrelación) de la serie con su pasado no dependen del momento (en el tiempo) donde se le mire, debe depender solamente de la distancia o rezago entre los periodos de tiempo,  $E(Y_t - \mu)(Y_{t+s} - \mu) = \gamma_s < \infty$ , donde "gamma"  $\gamma_s$  está definida y se le conoce comúnmente como la covarianza al rezago  $s$ , este identifica la covarianza entre los valores de  $Y_t$  y  $Y_{t+s}$ , es decir, es la covarianza entre dos valores  $Y$  que se separan por  $s$  periodos.

Para que se cumpla la primera condición, la serie debe ser diferenciada una vez o máximo dos veces, con el objetivo de eliminar la tendencia, Para que se cumplan las condiciones 2 y 3 puede resultar necesario aplicar logaritmos naturales a la serie y sus diferenciaciones, a esta transformación se le conoce como Box-Cox.

Por lo tanto, se dice que las series de tiempo son estacionarias si la media, la varianza y la covarianza (en los diferentes rezagos) se mantienen iguales sin importar el momento en el cual se midan. En el caso en que una serie de tiempo no sea estacionaria, la media y la varianza son cambiantes con el tiempo, si el propósito de analizar la serie de tiempo es realizar un pronóstico y dicha serie es no estacionaria, el valor práctico será insignificante, debido a que se está estudiando su comportamiento sólo durante el periodo en consideración.

Una de las pruebas más utilizadas para identificar el orden de integración en donde se encuentra la variable  $Y_t$ , después de haberla sometido a los procedimientos antes descritos, es la prueba Dickey Fuller Aumentada (ADF), en la que podemos analizar un estadístico, que en conjunto con una prueba de hipótesis, permiten evaluar el tipo de transformación a la que tiene que ser sometida la variable, para que cumpla con las condiciones de estacionalidad.

La identificación inicial o simplemente especificación es un elemento de importancia crucial en el proceso de construcción del modelo. No obstante, combinando los diferentes órdenes  $p$ ,  $d$ , y  $q$  existe un número excesivamente grande de modelos posibles para cualquier serie de datos. Por este motivo, es importante contar con alguna clave a partir de la cual sea posible identificar un modelo tentativo. Pues bien, dos de las claves o señales estadísticas más distintivas de cada uno de los modelos ARIMA son la función de autocorrelación simple (FAC) y la función de autocorrelación parcial (FACP).

#### a.1 Correlogramas teóricos de la FAC y de la FACP

La función de autocorrelación es fundamentalmente un conjunto de coeficientes de correlación producto-momento de Pearson. Con la *FAC*, en lugar de descubrir la correlación entre dos variables, se evalúa la correlación entre dos observaciones distintas de una misma variable en dos puntos temporales diferentes. La distancia entre los dos puntos de observación en el tiempo se denomina habitualmente rezago. Si se calcula la *FAC* entre dos observaciones consecutivas, la *FAC* es referida como *FAC* de rezago-1, en adelante [*FAC*(1)], si calculamos la *FAC* entre la observación de rezago-0 y la de rezago-2, obtenemos [*FAC*(2)] y, así sucesivamente. En general, la *FAC*( $k$ ) es el coeficiente de autocorrelación estimado entre las observaciones de la serie temporal original de retardo-cero y su  $k$ -ésimo retardo.



Cabe destacar, los tres aspectos siguientes: en primer lugar, la autocorrelación de una serie consigo misma es igual a uno, por tanto,  $FAC(0) = 1$ . En segundo lugar, se tiene, también por definición que  $FAC(k)$  es la misma, si la serie es retardada hacia adelante como si lo es hacia atrás. Así, ya que la serie es simétrica sobre el retardo-0, sólo es necesario examinar la mitad positiva de las  $FACs$ . En tercer lugar, cada vez que la serie es retardada se pierden un par de observaciones en la estimación de la  $FAC$ . La función de autocorrelación muestral “rho estimada sub k”  $\hat{\rho}_k$  esta definida por

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2}, k = 0, 1, 2, \dots, K$$

Por su parte, la función de autocorrelación parcial de rezago-k  $FACP(k)$ , es la correlación entre las observaciones efectuadas en el tiempo  $t$  y las efectuadas en el tiempo  $t - k$ . El valor de una  $FACP$  es, por tanto, una autocorrelación condicionada en la que el valor del coeficiente entre dos observaciones está definido por los valores de las observaciones intermedias. Como consecuencia, las  $FACPs$  no pueden obtenerse de una manera clara a través del uso de una simple ecuación, como ocurre con las  $FAC$ . En concreto, los términos y la forma de la ecuación irán cambiando a medida que los retardos se incrementen, dado que un número mayor de observaciones intermedias está implicado.

El proceso exacto usado para derivar la ecuación en el cálculo de la  $FACP$  conlleva a la obtención de dos ecuaciones de regresión múltiple para cada uno de los retardos. Siendo la  $FACP$  el coeficiente de correlación entre los errores de predicción de las ecuaciones. En términos generales este coeficiente se calcula como sigue:

1) Se elimina de  $\tilde{y}_t$  ( $\tilde{y} = y_t - \tilde{y}_t$ ) el efecto de  $\tilde{y}_{t-1}, \dots, \tilde{Y}_{t-k+1}$  mediante la regresión múltiple siguiente:

$$\tilde{y}_t = \beta_1 \tilde{y}_{t-1} + \beta_2 \tilde{y}_{t-2} + \dots + \beta_{k-1} \tilde{y}_{t-k+1} + u_t$$

donde,  $u_t$  ( $\tilde{y}_t - y_t$ ) recoge la parte de  $\tilde{y}_t$  que no comparte con  $\tilde{y}_{t-1}, \dots, \tilde{Y}_{t-k+1}$ .

2) Se sustrae de  $\tilde{y}_{t-k}$  el efecto de  $\tilde{y}_{t-1}, \dots, \tilde{Y}_{t-k+1}$  mediante la ecuación de regresión que sigue:

$$\tilde{y}_{t-k} = \gamma_1 \tilde{y}_{t-1} + \gamma_2 \tilde{y}_{t-2} + \dots + \gamma_{k-1} \tilde{y}_{t-k+1} + v_t$$

al igual que en el caso anterior,  $v_t = (\tilde{y}_{t-k} - \hat{y}_{t-k})$  recoge la parte de  $\tilde{y}_{t-k}$  que no comparte con

$\tilde{y}_{t-1}, \dots, \tilde{y}_{t-k+1}$ .

3) Finalmente el coeficiente de correlación para los dos conjuntos resultantes de errores estimados es la *FACP* de rezago-k

## a.2 Función de autocorrelación del proceso autorregresivo AR(1)

Como se expuso anteriormente el proceso de dependencia temporal más básico y también el que ha recibido mayor atención en la literatura, sobre todo, econométrica, es el proceso autorregresivo de primer orden, que se denota como *AR(1)*. Dicho proceso esta definido por:

$$y_t = L + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde  $L$  y  $\phi_1$  ( $|\phi_1| < 1$ ), son constantes a determinar y  $\varepsilon_t$  es la usual perturbación aleatoria o ruido blanco, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza constante. Además, también asumimos que  $\varepsilon_t$ , es independiente de  $y_{t-k}$ .

Si se tiene presente que el proceso es estacionario, resulta:

$$E(y_t) = E[L + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t]$$

$$E(y_t) = E = L + \phi_1 E(y_{t-1}) + E(\varepsilon_t)$$

$$E(y_t) = L + \phi_1 J_y$$

Por tanto, sustituyendo en la ecuación original,  $L = J(1 - \phi_1)$  el modelo se expresa como sigue:

$$\begin{aligned} y_t &= J(1 - \phi_1) + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \\ y_t - J &= \phi_1 (y_{t-1} - J) + \varepsilon_t \\ \tilde{y}_t &= \phi_1 \tilde{y}_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

A su vez, la varianza de  $\tilde{y}_t$  está dada por:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\tilde{y}_t) &= E[(\phi_1 \tilde{y}_{t-1} + \varepsilon_t)(\phi_1 \tilde{y}_{t-1} + \varepsilon_t)] \\ \text{Var}(\tilde{y}_t) &= \phi_1^2 E(\tilde{y}_{t-1}^2) + 2\phi_1 E(\tilde{y}_{t-1} \varepsilon_t) + E(\varepsilon_t^2) \\ \text{Var}(\tilde{y}_t) &= \phi_1^2 \sigma_{\tilde{y}}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2 \end{aligned}$$

es decir:

$$\sigma_{\tilde{y}}^2 - \phi_1^2 \sigma_{\tilde{y}}^2 = \sigma_{\varepsilon}^2$$

En consecuencia la varianza del proceso es la siguiente:

$$\gamma_0 = \sigma_{\tilde{y}}^2 = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{1 - \phi_1^2}$$

Procediendo de manera similar, resultan las siguientes funciones de autocovarianza para el proceso  $AR(1)$ .

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-1}) = \phi_1 \sigma_{\tilde{y}}^2 = \phi_1 \gamma_0 \\ \gamma_2 &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-2}) = \phi_1 \gamma_1 = \phi_1^2 \gamma_0 \\ \gamma_3 &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-3}) = \phi_1 \gamma_2 = \phi_1^3 \gamma_0 \\ &\dots\dots\dots \\ \gamma_k &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-k}) = \phi_1 \gamma_{k-1} = \phi_1^k \gamma_0 \end{aligned}$$

A partir de aquí se deriva la función de autocorrelación general para el proceso  $AR(1)$ . La autocorrelación de  $\tilde{y}_t$  y  $\tilde{y}_{t-k}$  se define como sigue:

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(\tilde{y}_t, \tilde{y}_{t-k})}{\sqrt{\text{var}(\tilde{y}_t)} \sqrt{\text{var}(\tilde{y}_{t-k})}} = \frac{\gamma_k}{\sqrt{\gamma_0} \sqrt{\gamma_0}} = \frac{\phi^k \gamma_0}{\gamma_0} = \phi^k$$

Por consiguiente, la función de autocorrelación del rezago-k coincide con el k-ésimo punto del parámetro  $\phi_1$ . De este modo, el correlograma teórico de la serie  $\tilde{y}_t$  decaerá exponencialmente conforme se incrementan los intervalos temporales, pues se asumió que el valor absoluto de  $\phi_1$  es menor que la unidad, dicho de otro modo, la raíz de la ecuación característica

$$1 - \phi_1 \tilde{y}_t = 0$$

excede a uno en valor absoluto. Es decir:

$$1/|\phi_1| > 1$$

lo que equivale a decir que

$$|\phi_1| < 1$$

### a.3 Función de autocorrelación del proceso de medida móvil MA(1)

En contraste con los modelos autorregresivos, la perturbación generada por este esquema depende únicamente de una combinación lineal de movimientos de la variable aleatoria  $\varepsilon_t$  con coeficientes  $(1, -\theta_1, \dots, -\theta_k)$ . Por lo tanto, un shock aleatorio  $\varepsilon_t$  entra en el sistema en el tiempo  $t$  y perturba el nivel de equilibrio de  $y_t$  para  $q+1$  períodos antes de su disipación. Por este motivo, las funciones de autocorrelación de los modelos *MA* difieren ligeramente de las expuestas con anterioridad. Para ver lo dicho, comenzaremos exponiendo el modelo de promedio móvil más básico,

$$\tilde{y}_t = y_t - J$$

donde

$$E(\varepsilon_t) = 0, \text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma^2, E(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0, |\theta| < 1 \quad \text{y} \quad E(y_t) = L = \delta$$

En consecuencia, podemos escribir el modelo

$$\begin{aligned} y_t - L &= \varepsilon_t - \theta \varepsilon_{t-1} \\ \tilde{y}_t &= \varepsilon_t - \theta \varepsilon_{t-1} \end{aligned}$$

A su vez, la varianza del modelo  $MA(1)$  puede ser derivada como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\tilde{y}_t) &= E[(\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1})(\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1})] \\ \text{Var}(\tilde{y}_t) &= \sigma_\varepsilon^2 + \theta_1^2 \sigma_\varepsilon^2 \\ \sigma_{\tilde{y}}^2 = \gamma_0 &= \sigma_\varepsilon^2 (1 + \theta_1^2) \end{aligned}$$

La función de autocovarianza es derivada de una manera similar

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-1}) = E[(\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1})(\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-2})] \\ \gamma_1 &= E(\tilde{y}_t \tilde{y}_{t-1}) = -\theta_1 \sigma_\varepsilon^2 \end{aligned}$$

Operaciones paralelas ponen de relieve que todas las autocovarianzas con retardos superiores a uno valen cero. Por tanto, la  $FAC(1)$  del proceso esta dada por

$$FAC(1) = \frac{-\theta_1 \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_\varepsilon^2 (1 + \theta_1^2)} = \frac{-\theta_1}{(1 + \theta_1^2)}$$

Esta función es monótona y decreciente en  $\theta_1$  y, como consecuencia, puede apreciarse que el valor máximo que puede tomar  $|\theta_1|$  en un modelo  $MA(1)$  es 0.5. Además, también puede observarse cómo la  $FAC$  de un proceso  $MA(1)$  es similar a la  $FACP$  de un proceso  $AR(1)$ .

Por lo que respecta a la función de autocorrelación parcial, es evidente que no se repiten los resultados típicos de los procesos autorregresivos, pues si se escribe el proceso en forma autorregresiva, esto es, si se sustituye  $\varepsilon_{t-1} = \tilde{y}_t + \theta_1 \varepsilon_{t-2}$ ,  $\varepsilon_{t-2} = \tilde{y}_{t-2} + \theta_1 \varepsilon_{t-3}$  y así sucesivamente, se observa que existe un efecto diferencial de  $\tilde{y}_{t-k}$  sobre  $\tilde{y}_t$  de magnitud  $\theta^k$ .

Ya que se conoce el orden de integración de la variable  $Y_t$ , se procede a identificar los procesos  $MA$  (media móvil) y los procesos  $AR$  (autorregresivos) mediante la revisión del correlograma de la transformación en diferencias  $\Delta^d Y_t$ . Resulta importante señalar

que aquellos procesos que se deben identificar, son precisamente los que se encuentran dentro de la región por arriba de la línea punteada que se presenta en el correlograma, es decir, si aplican las siguientes pruebas de hipótesis:

$$H_0 : \phi = 0$$

$$H_1 : \phi \neq 0$$

Se utilizarán los procesos que cumplan con el supuesto de la hipótesis alternativa.

## b. Estimación

Existen dos tipos de modelos que se pueden estimar, basados en la Metodología Box - Jenkins, los dos parten principalmente de los modelos autorregresivos de media móvil (ARMA), dichos modelos son:

a) MODELOS ARIMA

b) MODELOS ARIMAX

Normalmente el comportamiento de las variables en series de tiempo resultan ser débilmente estacionaria, también se sabe que existen series de tiempo económicas que no son estacionarias.

Por lo tanto se utiliza el método de diferenciación para encontrar la transformación en diferencias que haga de las variables en series de tiempo estacionarias  $I \rightarrow (0)$ . Si resulta ser necesario diferenciar  $d$  veces para hacer estacionaria una variable  $Y_t$  y luego aplicar los procesos autorregresivos  $AR$  y los de media móvil  $MA$  que se lograron identificar en la primera fase que plantea esta Metodología, se estructurará el modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA.

El modelo de orden  $(p, d, q)$  se constituye de la siguiente manera:

$$\Delta^d Y_t = \beta_1 + \phi_1 \Delta^d Y_{t-1} + \dots + \phi_p \Delta^d Y_{t-p} + U_t - \Theta_1 U_{t-1} - \dots - \Theta_q U_{t-q}$$

Donde las raíces unitarias de los procesos  $AR$  y  $MA$  son menores a 1 ( $\phi < 1$ ) para que se cumpla la condición de convergencia.

En el cálculo del modelo ARIMA de orden  $(p, d, q)$ , es necesario incluir variables exógenas, para obtener el modelo ARIMAX. La relación de estas variables no depende de la teoría económica. Los modelos ARIMAX también suponen estacionalidad en la variable endógena, si este no se presenta es posible trabajar con diferencias.

Para efectos de este trabajo, las variables exógenas que se usarán son variables Dummy's para comparar el comportamiento estacional. El modelo de orden  $(p, d, q, k)$  se constituye de la siguiente manera:

$$(\phi)\Delta^d Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta^d x_{it} + (\Theta)U_t$$

Donde las raíces unitarias de los procesos  $AR$  y  $MA$  son menores a 1 ( $\phi < 1$ ) para que se cumpla la condición de convergencia.

En la estimación de los modelos es posible utilizar el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) o el método de Máxima Verosimilitud (MV). Para el presente trabajo se utilizaron los MCO debido a que en gran medida es más intuitivo y matemáticamente más simple que el método de máxima verosimilitud<sup>11</sup>, adicionalmente es el que más se emplea en el análisis de regresión<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Los estimadores MCO y MV de la varianza de  $u_i$  son diferentes. En muestra grandes, sin embargo, estos dos estimadores convergen, por lo tanto, el método de MV generalmente recibe el nombre de método de grandes muestras. El método de MV tiene una aplicación más extensa ya que puede ser aplicado también a modelos de regresión no lineal en los parámetros mientras que el MCO no.

<sup>12</sup> Bajo el supuesto de normalidad, el teorema de Gauss – Markov demostró que los estimadores de MCO son mejores estimadores lineales insesgados (MELI), además los estimadores de MCO y MV de los parámetros de la intersección y de la pendiente del modelo de regresión son idénticos. (Gujarati Damodar, 2003).

### c. Verificación

Una vez estimados los modelos ARIMA y ARIMAX , es necesario revisar que se cumplan la condición de convergencia de los procesos *AR* y *MA* ,  $\phi < 1$  (raíz unitaria menor a 1), incluidos en los modelos, además dichos procesos tiene que ser estadísticamente significativos, es decir, que la probabilidad asociada al estadísticos  $t$ <sup>13</sup> sea menor a 0.05.

También es necesario verificar que los procesos que están incluidos sean todos los que es necesario incluir, utilizando la función de autocorrelación para procesos *MA* y la función de autocorrelación parcial para procesos *AR* . Por medio de la observación del estadístico  $Q$  que se encuentra dentro del correlograma del modelo ARIMA estimado. Si la probabilidad del estadístico  $Q$  es menor a 0.05, significa que hay procesos significativos que no están siendo incluidos en la estimación. Esta última condición se justifica al evaluar los procesos AR y MA conjuntamente bajo las siguientes pruebas de hipótesis:

$$H_0 : \varphi = \theta = 0$$

$$H_1 : \varphi \neq 0, \theta \neq 0$$

por lo tanto se dice que si la probabilidad asociada al estadístico  $Q$  es menor a 0.05, se acepta  $H_1$  , lo que significa que hay procesos significativos que deben estar incluidos en la estimación.

### d. Pronóstico

Los métodos que se utilizan para la simulación del comportamiento de variables con el paso del tiempo son dos el estático y el dinámico.

---

<sup>13</sup> Prueba de significancia mediante la cual se utilizan los resultados muestrales para verificar la verdad o falsedad de una hipótesis nula. En el lenguaje de las pruebas de significancia, se dice que un estadístico es significativo si el valor del estadístico prueba cae en la región crítica. En este caso, la hipótesis nula se rechaza. De la misma manera, se dice que una prueba es estadísticamente no significativa si el valor estadístico de prueba cae en la región de aceptación.



Como se observa en el ejemplo, que se presenta a continuación, en el método estático se toma el primer valor observado en este caso el correspondiente a 1990:01 con el objetivo de pronosticar el siguiente valor 1990:02, una vez que se tiene el valor observado de 1990:02 se procede a pronosticar el mes de 1990:03:

$$80 \times 0.8 + 1.1 = *^1$$

$$90 \times 0.8 + 1.1 = *^2$$

$$100 \times 0.8 + 1.1 = *^3$$

$$120 \times 0.8 + 1.1 = *^4$$

	$Y_t$	$\hat{Y}_t$
1990:01	80	
1990:02	90	* <sup>1</sup>
1990:03	100	* <sup>2</sup>
1990:04	120	* <sup>3</sup>
1990:05		* <sup>4</sup>

El método dinámico se basa en realizar pronósticos de una variable basándose en los valores estimados, por lo tanto:

$$80 \times 0.8 + 1.1 = *^1$$

$$*^1 \times 0.8 + 1.1 = *^2$$

$$*^2 \times 0.8 + 1.1 = *^3$$

$$*^3 \times 0.8 + 1.1 = *^4$$

	$Y_t$	$\hat{Y}_t$
1990:01	80	
1990:02		* <sup>1</sup>
1990:03		* <sup>2</sup>
1990:04		* <sup>3</sup>
1990:05		* <sup>4</sup>

A diferencia del método estático, el dinámico permite hacer estimaciones a largo plazo de nuestra variable. Ambos modelos toman el mismo valor para el primer dato, es decir, los dos toman el primer valor observado.

La evaluación del pronóstico es importante ya que indica que los modelos están correctos. Se debe tomar en cuenta que en términos de la media y la varianza, los datos observados y los datos pronosticados sean parecidos, esto en términos gráficos.

Por último, con el fin de profundizar en la estimación de los modelos con información relativa al interés para la predicción pero, sobretodo, para dotarlo de validez empírica adicional, se realiza un análisis de la capacidad predictiva mediante el coeficiente de Theil, el cual toma valores entre 0 y 1 y mientras esté más cerca del 0 se considera una buena simulación.

El coeficiente de Theil se compone de 3 partes para complementar su análisis: el sesgo mide la diferencia en términos de media, puede estar entre 0 y 1, pero lo ideal es que esté entre 0 y 0.1. La varianza mide la correlación que existe entre los valores observados y la simulación, toma valores entre 0 y 1, lo ideal es que vaya de 0 a 0.1. La covarianza, se busca que esté entre los valores de 0.8 y 1.

## CAPÍTULO III

### EXPECTATIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EN MÉXICO DE ENERO - MAYO DE 2006

En este capítulo, se pronosticará la producción del petróleo en México, en el periodo comprendido por los meses de enero a mayo del año 2006, utilizando la Metodología Box-Jenkins .

La muestra está compuesta por 192 observaciones, a las cuales se irá anexando la producción actualizada de los meses a pronosticar<sup>14</sup>.

Para desarrollar las expectativas es necesario estimar 5 modelos ARIMA y 5 modelos ARIMAX (un modelo cada mes a pronosticar); por lo tanto, se identificarán los modelos como sigue;

Modelos		Periodos		Pronóstico
Arima	Arimax	Inicial	Final	Meses
1	1	1990 : 01	2005 : 12	Enero, febrero y marzo
2	2	1990 : 01	2006 : 01	Febrero, marzo y abril
3	3	1990 : 01	2006 : 02	Marzo, abril y mayo
4	4	1990 : 01	2006 : 03	Abril, mayo y junio
5	5	1990 : 01	2006 : 04	Mayo, junio y julio

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se facilita la identificación de los modelos en un periodo de tiempo definido<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Los datos se obtuvieron de la página de Internet SIE de la secretaría de energía.

<sup>15</sup> Los datos observados son publicados cada día 12 del mes posterior al analizado.

## 1. Identificación.

Para poder construir un modelo ARIMA, se debe encontrar el orden de integración de la variable “petrolprod”, aplicando la prueba ADF (Dickey-Fuller aumentada) que nos da a conocer si tenemos un problema de raíz unitaria, con esto es posible determinar si la variable cumple con las condiciones de estacionalidad descritas en el capítulo II.

Es importante señalar que autores como William H. Greene<sup>16</sup> y Damodar Gujarati<sup>17</sup> hacen énfasis en la necesidad de transformar la variable con la que se vaya a construir un modelo de pronóstico en logaritmos, ya que este procedimiento ayuda a que dicha variable sea más estacionaria al momento de someterla a la prueba ADF.

Por así convenir a los intereses del trabajo, el siguiente apartado contiene un resumen de los resultados que arrojó la aplicación de la prueba ADF a cada uno de los modelos antes descritos.

### a. Orden de Integración

En los siguientes párrafos se exponen las pruebas ADF aplicadas a los distintos periodos de análisis, los cuales fueron actualizados conforme se iban publicando los datos oficiales.

Para identificar la existencia de raíz unitaria por medio de la prueba ADF se establece la siguiente prueba de hipótesis:

$$H_0 : \varphi = 0$$

$$H_1 : \varphi \neq 0$$

---

<sup>16</sup> Greene William H. (1999), Análisis Econométrico, Pearson Educación, España

<sup>17</sup> Gujarati Damodar N. (1997), Econometría, Mc Graw Hill, México

Donde la Hipótesis Nula ( $H_1$ ) esta relacionada con la existencia de raíz unitaria y la hipótesis alternativa ( $H_0$ ) con la no existencia de raíz unitaria. Los valores críticos del rango de aceptación de la prueba de hipótesis están dados al 5% de nivel de significancia.

Una vez aplicada la prueba ADF a la variable a nivel y sus transformaciones, con los datos correspondientes al periodo 1990:01 – 2005:12, los resultados serán de utilidad para encontrar aquella transformación donde la producción de crudo sea estacionaria y sin tendencia.

En el cuadro B.1 del Anexo B pag. 66, se puede observar que para la variable a nivel, el valor del estadístico t de la prueba ADF es de 0.241931, mismo que se encuentra dentro de la región de la hipótesis nula. A su vez, la transformación logarítmica de la variable presenta el mismo comportamiento con un valor de t de 0.249145.

A partir de las primeras diferencias<sup>18</sup> se presentan valores de la prueba ADF dentro de la región de aceptación de la hipótesis alternativa; por lo tanto, el valor que va a decidir la mejor transformación es la  $R^2$ <sup>19</sup>, de esta manera, se puede observar que la mejor  $R^2$  le corresponde a las segundas diferencias de la variable<sup>20</sup>, siendo ésta de 0.897702.

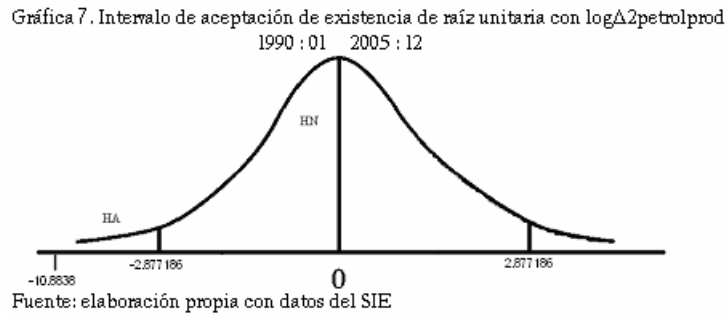
El valor de la prueba ADF es de -10.8838, el cual se encuentre dentro de la región de aceptación de la hipótesis alternativa. A continuación se presenta la expresión gráfica de la prueba de hipótesis aplicada a los valores obtenidos en la prueba ADF.

---

<sup>18</sup>  $\Delta$ petrolprod

<sup>19</sup> Coeficiente de determinación  $R^2$ , es una medida comprendida que nos dice qué tan bien se ajusta la recta de regresión muestral a los datos.

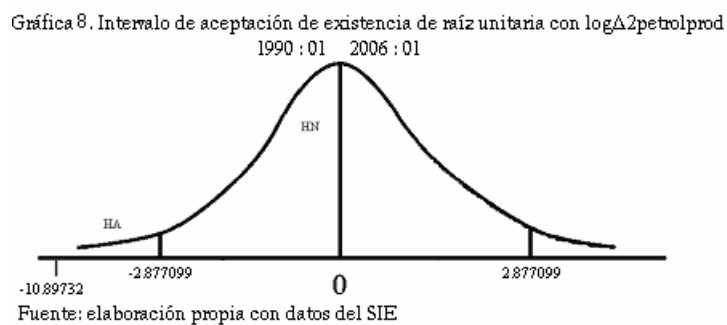
<sup>20</sup>  $\Delta^2$ logpetrolprod



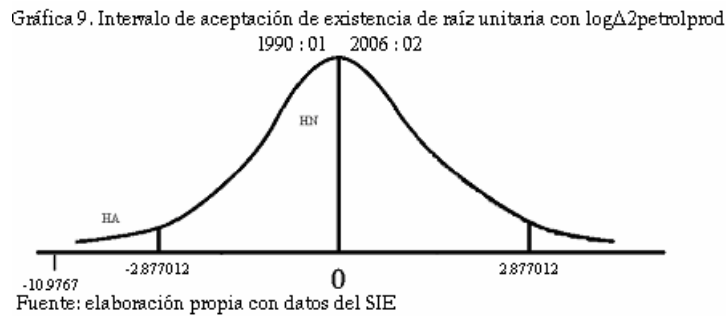
Con lo anterior, se puede afirmar que las segundas diferencias del logaritmo de la variable son estacionarias y sin tendencia y por lo tanto, el orden de integración de la variable es 2.

Una vez que se obtuvo la mejor transformación de la variable para el periodo 1990:01 – 2005:12, se repite el procedimiento anterior con los siguientes periodos: 1990:01 – 2006:01, 1990:01 – 2006:02, 1990:01 – 2006:03, 1990:01 – 2006:04. En estos periodos ya se incluye el valor publicado en el SIE correspondiente al promedio de la producción diaria de petróleo crudo en México de los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2006.

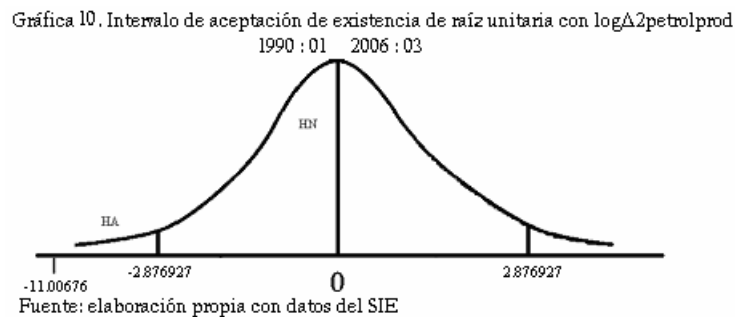
En el cuadro B.2 del Anexo B correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:01, nuevamente, las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo, son estacionarias, sin tendencia y con orden de integración 2.



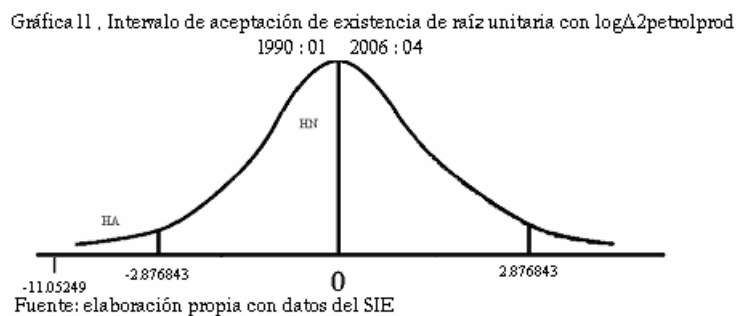
En el cuadro B.3 del Anexo B correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:02, las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo, son estacionarias, sin tendencia y con orden de integración 2, siendo ésta la mejor transformación.



El cuadro B.4 del Anexo B pag. 67, correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:03, las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo, son estacionarias, sin tendencia y con orden de integración 2, siendo ésta la mejor transformación.



Por último el cuadro B.5 del Anexo B correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:04, las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo es la mejor transformación, al cumplir con las condiciones de estacionalidad.



Dado lo anterior, las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo, se utilizarán para el desarrollo de los 5 modelos ARIMA y los 5 ARIMAX antes mencionados.

b. Procesos AR y MA a incluir.

Una vez que se identificó el orden de integración de la producción de petróleo es necesario, identificar los procesos autorregresivos (AR) y de media móvil (MA) que son candidatos a ser incluidos en la construcción de los modelos ARIMA y ARIMAX.

Para identificar dichos procesos, se calcula el correlograma de las segundas diferencias del logaritmo de la producción de petróleo en México, con 65 rezagos.

Como se observa en el correlograma 1, ver Anexo B pág. 68, correspondiente al periodo 1990:01 - 2005:12, los procesos que pueden ser significativos para los modelos ARIMA 1 y ARIMAX 1 son:

Procesos	AR	1	2	3	4	5	6	7	9	35	56	58
	MA	1	36	50	57	58	60					

Fuente: Elaboración propia

El correlograma 2, ver Anexo B pág. 69, correspondiente al periodo 1990:01 - 2006:01, los procesos que pueden ser significativos para los modelos ARIMA 2 y ARIMAX 2 son:

Procesos	AR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	35	49	56
	MA	1	36	37	57	58	60								

Fuente: Elaboración propia

El correlograma 3, ver Anexo B pág. 70, correspondiente al periodo 1990:01 - 2006:02, los procesos que pueden ser significativos para los modelos ARIMA 3 y ARIMAX 3 son:

Procesos	AR	1	2	3	4	5	6	7	9	35	46	56	58
	MA	1	36	37	57	60							

Fuente: Elaboración propia



El correlograma 4, ver Anexo B pág. 71, correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:03, los procesos que pueden ser significativos para los modelos ARIMA 4 y ARIMAX 4 son:

Procesos	AR	1	2	3	4	5	6	7	9	35	49	56	58
	MA	1	36	37	57	60							

Fuente: Elaboración propia

En el correlograma 5, ver Anexo B pág. 72 correspondiente al periodo 1990:01 – 2006:04, los procesos que pueden ser significativos para los modelos ARIMA 5 y ARIMAX 5 son:

Procesos	AR	1	2	3	4	5	6	7	9	11	12	35	49	56
	MA	1	36	37	57	60								

Fuente: Elaboración propia

Los procesos antes identificados se encuentran fuera del intervalo de confianza del correlograma, por lo que los rezagos identificados pueden ser incluidos en la estimación de los modelos ARIMA y ARIMAX.

## 2. Estimación de los modelos

Después de haber identificado los rezagos AR y MA que resultan ser significativos y de haber identificado el orden de integración, se hace la estimación los modelos ARIMA y ARIMAX de orden (p,d,q), con el fin de identificar los rezagos significativos para dichos modelos.

La verificación de los modelos ARIMA y ARIMAX desarrollados, se expondrá de manera puntual en más adelante en el apartado 3.

a. Resultados de la estimación.

De acuerdo con la metodología Box-Jenkins, el modelo ARIMA 1 se estima con los rezagos obtenidos por el correlograma 1 y después de 12 iteraciones y de eliminar aquellos rezagos que resultan no significativos, se llega al siguiente resultado:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ AR}(3) \text{ AR}(36) \text{ MA}(1) \text{ MA}(6)$$

Modelo ARIMA 1 para el periodo 1990:01 – 2005:12				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1993:03 2005:12				
Observaciones Incluidas: 154 después de ajustar				
La convergencia se logró después de 19 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico- t	Probabilidad
AR(1)	-0.512042	0.083098	-6.161881	0
AR(2)	-0.355747	0.089589	-3.970888	0.0001
AR(3)	-0.189291	0.083196	-2.275236	0.0243
AR(36)	0.185313	0.07449	2.487743	0.014
MA(1)	-1.075227	0.032435	-33.14974	0
MA(6)	0.080235	0.033234	2.414244	0.017
R cuadrada				
R cuadrada	0.744673	ajustada	0.736047	
Raíces de AR invertido	0.93	.92 -.17i	.92+.17i	.88+.33i
Raíces de MA invertido	0.99	0.76	.12 -.58i	.12+.58i

Como se puede observar los procesos incluidos en el modelo ARIMA 1 son significativos.

Para estimar el modelo ARIMAX 1 es necesario identificar las variables DUMMY significativas para la variable, por lo tanto, después de 10 iteraciones a partir de la estimación inicial de las variables DUMMY, el resultado arroja como variables DUMMY significativas a la 10 y 11, mismas que son significativas para todos los modelos.

Con base en el modelo ARIMA 1 estimado anteriormente y agregando las variables DUMMY significativas, se estima el modelo ARIMAX 1 :

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ MA}(1) \text{ MA}(6) @\text{SEAS}(10) @\text{SEAS}(11)$$

Modelo ARIMAX 1 para el periodo 1990:01 – 2005:12				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1990:05 2005:12				
Observaciones Incluidas: 188 después de ajustar				
La convergencia logró después de 29 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
@SEAS(10)	-0.030525	0.010294	-2.96517	0.0034
@SEAS(11)	0.030516	0.010298	2.963276	0.0035
AR(1)	-0.403126	0.075347	-5.350253	0
AR(2)	-0.198736	0.075564	-2.630046	0.0093
MA(1)	-1.105214	0.025897	-42.6774	0
MA(6)	0.111851	0.024037	4.653227	0
R cuadrada				
R cuadrada	0.735186	ajustada	0.727911	
Raíces de AR invertido	-.20+.40i		-.20 -.40i	
Raíces de MA invertido	0.98	0.84	.13 -.61i	.13+.61i

Para el modelo ARIMA 2, después de 16 iteraciones y de eliminar aquellos rezagos que resultan ser no significativos, se llega al siguiente resultado:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ AR}(36) \text{ MA}(1) \text{ MA}(5)$$

Modelo ARIMA 2 para el periodo 1990:01 – 2006:01				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1993:03 2006:01				
Observaciones Incluidas: 155 después de ajustar				
La convergencia logró después de 16 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
AR(1)	-0.444257	0.080413	-5.524721	0
AR(2)	-0.229673	0.08059	-2.849874	0.005
AR(36)	0.180583	0.076166	2.370899	0.019
MA(1)	-1.120191	0.03464	-32.33778	0
MA(5)	0.125528	0.033948	3.697612	0.0003
R cuadrada				
R cuadrada	0.738817	ajustada	0.731852	
Raíces de AR invertido	0.94	.92+.17i	.92 -.17i	.88+.33i
Raíces de MA invertido	0.99	0.78	-.06+.55i	-.06-.55i

Con base en el modelo ARIMA 2 estimado anteriormente y agregando las variables DUMMY antes mencionadas, se estima el modelo ARIMAX 2:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ MA}(1) \text{ MA}(6) @\text{SEAS}(10) @\text{SEAS}(11)$$

Modelo ARIMAX 2 para el periodo 1990:01 – 2006:01				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1990:05 2006:01				
Observaciones Incluidas: 189 después de ajustar				
La convergencia logró después de 24 iteraciones				
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
@SEAS(10)	-0.030869	0.010342	-2.984888	0.0032
@SEAS(11)	0.030944	0.010327	2.996428	0.0031
AR(1)	-0.376386	0.072271	-5.20797	0
AR(2)	-0.167152	0.071915	-2.324287	0.0212
MA(1)	-1.117647	0.025976	-43.02564	0
MA(6)	0.118662	0.024451	4.853097	0
R cuadrada		R cuadrada ajustada		0.730461
Raíces de AR invertido		-0.19 +.36i		-0.19 -.36i
Raíces de MA invertido		1		0.85 .13 -.62i .13+.62i

Para el modelo ARIMA 3 después de 15 iteraciones, se llega al siguiente resultado:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ AR}(36) \text{ MA}(1) \text{ MA}(5)$$

Modelo ARIMA 3 para el periodo 1990:01 – 2006:02				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1993:03 2006:02				
Observaciones Incluidas: 156 después de ajustar				
La convergencia logró después de 15 iteraciones				
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
AR(1)	-0.457384	0.080594	-5.675158	0
AR(2)	-0.243589	0.080568	-3.023401	0.0029
AR(36)	0.175736	0.07597	2.313223	0.0221
MA(1)	-1.116435	0.034287	-32.56144	0
MA(5)	0.123686	0.033377	3.705672	0.0003
R cuadrada		R cuadrada ajustada		0.731045
Raíces de AR invertido		0.94		.92 +.17i .92 -.17i .88 -.33i
Raíces de MA invertido		0.99		0.78 -.06+.55i -.06-.55i

Con base en el modelo ARIMA 3 estimado anteriormente y agregando las variables DUMMY antes encontradas, se estima el modelo ARIMAX 3:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(1) \text{ AR}(2) \text{ MA}(1) \text{ MA}(6) @\text{SEAS}(10) @\text{SEAS}(11)$$

Modelo ARIMAX 3 para el periodo 1990:01 – 2006:02				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1990:05 2006:02				
Observaciones Incluidas: 190 después de ajustar				
La convergencia logró después de 19 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
@SEAS(10)	-0.030644	0.010195	-3.005883	0.003
@SEAS(11)	0.030579	0.010197	2.998943	0.0031
AR(1)	-0.408609	0.075082	-5.442178	0
AR(2)	-0.204589	0.075192	-2.720877	0.0071
MA(1)	-1.100988	0.026497	-41.55103	0
MA(6)	0.107456	0.026099	4.117206	0.0001
R cuadrada				
R cuadrada	0.735101	ajustada	0.727902	
Raíces de AR invertido	-.20+.40i		-.20 -.40i	
Raíces de MA invertido	0.99		0.83	.13 -.61i .13+.61i

Para el modelo ARIMA 4, después de 24 iteraciones y de eliminar aquellos rezagos que resultan no significativos, se llega al siguiente resultado:

$$\text{LS } D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{ AR}(36) \text{ MA}(1) \text{ MA}(2)$$

Modelo ARIMA 4 para el periodo 1990:01 – 2006:03				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1993:03 2006:03				
Observaciones Incluidas: 157 después de ajustar				
La convergencia logró después de 24 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Probabilidad
AR(36)	0.169425	0.08216	2.062144	0.0409
MA(1)	-1.677228	0.058953	-28.45009	0
MA(2)	0.679758	0.058555	11.60882	0
R cuadrada				
R cuadrada	0.739927	ajustada	0.73655	
Raíces de AR invertido	0.95		.94+.17i	.94 -.17i .89 -.33i
Raíces de MA invertido	0.99		0.69	

Con base en el modelo ARIMA 4 estimado anteriormente y agregando las variables DUMMY antes encontradas, se estima el modelo ARIMAX4:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) @\text{SEAS}(10) @\text{SEAS}(11) \text{AR}(1) \text{AR}(2) \text{AR}(3) \text{MA}(1)$$

<b>Modelo ARIMAX 4 para el periodo 1990:01 – 2006:03</b>				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1990:06 2006:03				
Observaciones Incluidas: 190 después de ajustar				
La convergencia logró después de 11 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico- t	Probabilidad
@SEAS(10)	-0.029972	0.009369	-3.199216	0.0016
@SEAS(11)	0.029798	0.009365	3.181894	0.0017
AR(1)	-0.489596	0.071031	-6.892715	0
AR(2)	-0.31912	0.077683	-4.107957	0.0001
AR(3)	-0.181014	0.07367	-2.457104	0.0149
MA(1)	-0.997472	0.026484	-37.66339	0
R cuadrada				
R cuadrada	0.731866	ajustada	0.72458	
Raíces de AR invertido	.02+.58i	.02-.58i	-0.53	
Raíces de MA invertido	1			

Para el modelo ARIMA 5, después de 23 iteraciones y de eliminar aquellos rezagos que resultan no significativos se llega al siguiente resultado:

$$\text{LS } D(\text{LOGPETROLPROD},2) \text{AR}(36) \text{MA}(1) \text{MA}(2)$$

<b>Modelo ARIMA 5 para el periodo 1990:01 – 2006:04</b>				
Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)				
Método: Mínimos Cuadrados				
Muestra(ajustada): 1993:03 2006:04				
Observaciones Incluidas: 158 después de ajustar				
La convergencia logró después de 23 iteraciones				
Variable	Coficiente	Error Estándar	Estadístico- t	Probabilidad
AR(36)	0.164411	0.081897	2.007541	0.0464
MA(1)	-1.680444	0.058721	-28.6176	0
MA(2)	0.681977	0.058528	11.65218	0
R cuadrada				
R cuadrada	0.740627	ajustada	0.737281	
Raíces de AR invertido	0.95	.94+.17i	.94-.17i	.89+.33i
Raíces de MA invertido	1	0.69		

Con base en el modelo ARIMA 5 estimado anteriormente y agregado las variables DUMMY antes encontradas, se estima el modelo ARIMAX 5:

$$D(\text{LOGPETROLPROD},2) @\text{SEAS}(10) @\text{SEAS}(11) \text{AR}(1) \text{AR}(2) \text{AR}(3) \text{AR}(50) \text{MA}(1)$$

**Modelo ARIMAX 5 para el periodo 1990:01 – 2006:04**

Variable Dependiente: D(LOGPETROLPROD,2)

Método: Mínimos Cuadrados

Muestra(ajustada): 1994:05 2006:04

Observaciones Incluidas: 144 después de ajustar

La convergencia logró después de 15 iteraciones

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t	Probabilidad
@SEAS(10)	-0.045976	0.012254	-3.751898	0.0003
@SEAS(11)	0.04592	0.012247	3.749445	0.0003
AR(1)	-0.495819	0.082612	-6.001769	0
AR(2)	-0.300554	0.087142	-3.44903	0.0007
AR(3)	-0.176581	0.08208	-2.151336	0.0332
AR(50)	0.17447	0.079476	2.195262	0.0298
MA(1)	-0.997477	0.014315	-69.68074	0
R cuadrada				
R cuadrada	0.750144	ajustada	0.739201	
Raíces de AR invertido	0.95	.94+.12i	.94 -.12i	.92+.24i
Raíces de MA invertido	1			

### 3. Verificación de los modelos.

Después de haber estimado los modelos ARIMA de orden  $(p,d,q)$  y los ARIMAX de orden  $(p,d,q,k)$ , se verificará si dichos modelos cumplen con las condiciones siguientes:

1. Procesos AR y MA significativos
2. Todos los procesos AR y MA incluidos en el modelo
3. Las raíces unitarias de los procesos AR y MA son menores a 1.

Por lo anterior se recomienda revisar los correlogramas del Anexo B pág. 73 a la pág. 82, con los cuales se desarrollo el Cuadro 2.

Cuadro 2 Resumen de Resultados por modelo					
Modelo	Estadístico t	R2	Procesos AR	Procesos MA	Estadístico Q
Arima 1	< 0.5 en todos los procesos	0.744673	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arima 2	< 0.5 en todos los procesos	0.735186	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arima 3	< 0.5 en todos los procesos	0.738817	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arima 4	< 0.5 en todos los procesos	0.737629	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arima 5	< 0.5 en todos los procesos	0.737985	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arimax 1	< 0.5 en todos los procesos	0.735101	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arimax 2	< 0.5 en todos los procesos	0.739927	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arimax 3	< 0.5 en todos los procesos	0.731866	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arimax 4	< 0.5 en todos los procesos	0.740627	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos
Arimax 5	< 0.5 en todos los procesos	0.750144	$\ \lambda_p\  < 1$	$\ \lambda_q\  < 1$	> 0.05 en todos los rezagos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, todos los modelos cumplen con las condiciones antes descritas. La probabilidad asociada al estadístico t para cada uno de los procesos AR y MA es menor a 0.5. Los procesos AR son convergentes, es decir son procesos estacionarios con raíz unitaria menor



a 1 ( $\|\lambda_p\| < 1$ ) y los procesos MA son invertibles con  $\|\lambda_q\| < 1$ . La probabilidad asociada al estadístico  $Q^{21}$  es mayor a 0.05, en otras palabras, los correlogramas<sup>22</sup> de la autocorrelación y la autocorrelación parcial, dan la impresión de que los residuos estimados son puramente aleatorios.

Con lo anterior, se demuestra que los modelos están completos y listos para brindar un pronóstico.

#### 4. Pronóstico para la producción de petróleo crudo en México.

Una vez que se estimaron los mejores modelos de pronóstico ARIMA y ARIMAX por medio de la metodología Box – Jenkins, resulta indispensable aplicar la prueba del Coeficiente de Theil, la cual permitirá saber si dichos modelos nos arrojan un pronóstico cercano a los valores observados durante los distintos periodos de tiempo.

Para el modelo ARIMA 1, el coeficiente de Theil es 0.271548 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.003093 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.076443 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.920464, con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMA 1 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

En el modelo ARIMAX 1 el coeficiente de Theil es de 0.27985 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.00134 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.098376 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.900284, con un rango de

---

<sup>21</sup> En lugar de probar la significancia estadística de cualquier coeficiente de autocorrelación individual, para probar la hipótesis conjunta de que todos los coeficientes de autocorrelación son simultáneamente iguales a cero, se puede utilizar el estadístico Q desarrollado por Box y Pierce (Gujarati Damodar, Econometría, México, 2003)

<sup>22</sup> Para corroborar que los estadísticos de autocorrelación y correlación parcial se encuentran dentro de la región de aceptación, ver los correlogramas del Anexo B.

aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto se puede decir que el modelo ARIMAX 1 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

Los modelos de pronóstico para el periodo definido, cumplen la evaluación antes mencionada, por lo tanto, en el siguiente cuadro se observa el pronóstico estimado para los meses de enero, febrero y marzo del 2006.

---

**Expectativas de la producción de petróleo en México de enero a marzo de 2006**

---

a) Modelo ARIMA 1

Mes	Producción estimada
2005:12	3,387.56
2006:01	3,365.80
2006:02	3,351.08
2006:03	3,370.20

b) Modelo ARIMAX 1

Mes	Producción estimada
2005:12	3,387.56
2006:01	3,344.56
2006:02	3,367.79
2006:03	3,386.32

Nota: El dato de diciembre es el observado

Fuente: Elaboración propia

---

Para el modelo ARIMA 2 el coeficiente de Theil es de 0.275098 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.002699, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.077912, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.919388, con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMA 2 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

En el modelo ARIMAX 2 el coeficiente de Theil es de 0.279749 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.000873, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.1, con

un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.890107, con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto se puede decir que el modelo ARIMAX 2 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

Los modelos de pronóstico para el periodo definido cumplen la evaluación antes mencionada, por lo tanto, en el siguiente cuadro se observa el pronóstico estimado para los meses de febrero, marzo y abril del 2006.

**Expectativas de la producción de petróleo en México de febrero a abril de 2006**

a) Modelo ARIMA 2

Mes	Producción estimada
2006 :01	3,371.62
2006 :02	3,379.96
2006 :03	3,381.08
2006 :04	3,374.14

b) Modelo ARIMAX 2

Mes	Producción estimada
2006 :01	3,371.62
2006 :02	3,395.30
2006 :03	3,416.75
2006 :04	3,424.78

Nota: El dato de enero es el observado

Fuente: Elaboración propia

Para el modelo ARIMA 3 el coeficiente de Theil es de 0.274845 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.000515, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.072362, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.927123, con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMA 3 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

En el modelo ARIMAX 3 el coeficiente de Theil es de 0.279693 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.001346, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.096725, con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.901929, con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMAX 3 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

Los modelos de pronóstico para el periodo definido cumplen la evaluación antes mencionada, por lo tanto, en el siguiente cuadro se observa el pronóstico estimado para los meses de marzo, abril y mayo del 2006.

**Expectativas de la producción de petróleo en México de marzo a mayo de 2006**

a) Modelo ARIMA 3

Mes	Producción estimada
2006 :02	3,310.86
2006 :03	3,347.24
2006 :04	3,344.94
2006 :05	3,355.18

b) Modelo ARIMAX 3

Mes	Producción estimada
2006 :02	3,310.86
2006 :03	3,356.88
2006 :04	3,364.71
2006 :05	3,367.96

Nota: El dato de febrero es el observado

Fuente: Elaboración propia

Para el modelo ARIMA 4 el coeficiente de Theil es de 0.267521 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.000134 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.033782 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.966084 con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMA 4 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

En el modelo ARIMAX 4 el coeficiente de Theil es de 0.282302 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.000023 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.1 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es 0.897533 con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMAX 4 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

Los modelos de pronóstico para el periodo definido cumplen la evaluación antes mencionada, por lo tanto, en el siguiente cuadro se observa el pronóstico estimado para los meses de abril, mayo y junio del 2006.

**Expectativas de la producción de petróleo en  
México de abril a junio de 2006**

---

a) Modelo ARIMA 4

Mes	Producción estimada
2006 : 03	3,349.69
2006 : 04	3,196.17
2006 : 05	3,169.58
2006 : 06	3,149.23

b) Modelo ARIMAX 4

Mes	Producción estimada
2006 : 03	3,349.69
2006 : 04	3,344.12
2006 : 05	3,342.71
2006 : 06	3,336.01

Nota: El dato de marzo es el observado

Fuente: Elaboración propia

---

Para el modelo ARIMA 5 el coeficiente de Theil es de 0.267079 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.000055 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.033444 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es de 0.966501 con un rango de

aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMA 5 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

En el modelo ARIMAX 5 el coeficiente de Theil es de 0.272319 con un rango de aceptación de entre 0 y 1; el Sesgo es de 0.001309 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; la varianza es de 0.1 con un rango de aceptación de entre 0 y 0.1; por último la covarianza es 0.890198 con un rango de aceptación de entre 0.8 y 1. Por lo tanto, se puede decir que el modelo ARIMAX 5 cumple satisfactoriamente con la evaluación de modelos de pronóstico.

Los modelos de pronóstico para el periodo definido cumplen la evaluación antes mencionada, por lo tanto, en el siguiente cuadro se observa el pronóstico estimado para los meses de mayo, junio y julio del 2006.

**Expectativas de la producción de petróleo en México de mayo a julio de 2006**

a) Modelo ARIMA 5

Mes	Producción estimada
2006 :04	3,370.15
2006 :05	3,368.45
2006 :06	3,385.35
2006 :07	3,390.39

b) Moldeo ARIMAX 5

Mes	Producción estimada
2006 :04	3,370.15
2006 :05	3,390.28
2006 :06	3,411.69
2006 :07	3,418.20

Nota: El dato de abril es el observado

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo es pronosticar el comportamiento de la producción de petróleo crudo en México de enero a mayo de 2006 aplicando la metodología Box – Jenkins; con el desarrollo del trabajo se demostró que el uso de la metodología Box - Jenkins resulta conveniente cuando se aplica en la construcción de modelos autorregresivos integrados de promedios móviles (ARIMA), que ponderan de una mejor forma las observaciones, por lo tanto existe un menor error de varianza en la predicción, lo que fortalece la capacidad predictiva de los modelos desarrollados.

En particular, con los datos considerados, se observó que los resultados de la estimación a partir de los modelos ARIMA presentan un porcentaje de error muy bajo en comparación con los valores publicados por el Sistema de Información Energética (SIE), ver Cuadro 3.

Aún cuando resultó útil la aplicación de esta metodología para explicar el comportamiento de la variable, fue necesario incluir algunas variables de tipo cualitativo o Dummy, para la formulación de modelos ARIMAX, como se observa en el Cuadro 3, el porcentaje de error es ligeramente menor al presentado en los modelos ARIMA.

Cuadro 3 Comparativo entre datos estimados y observados				
Mes	Modelo	Valor Estimado	Valor observado	% de error
2006 : 01	ARIMA 1	3,365.80	3,371.62	0.17%
2006 : 02	ARIMA 2	3,379.96	3,310.86	-2.09%
2006 : 03	ARIMA 3	3,347.24	3,349.69	0.07%
2006 : 04	ARIMA 4	3,196.17	3,370.15	5.16%
2006 : 05	ARIMA 5	3,368.45	3,328.94	-1.19%
2006 : 06	ARIMA 5	3,385.35	3,287.28	-2.98%
2006 : 07	ARIMA 5	3,390.39	3,232.06	-4.90%
2006 : 01	ARIMAX 1	3,344.56	3,371.62	0.80%
2006 : 02	ARIMAX 2	3,395.30	3,310.86	-2.55%
2006 : 03	ARIMAX 3	3,356.88	3,349.69	-0.21%
2006 : 04	ARIMAX 4	3,344.12	3,370.15	0.77%
2006 : 05	ARIMAX 5	3,390.28	3,328.94	-1.84%
2006 : 06	ARIMAX 5	3,411.69	3,287.28	-3.78%
2006 : 07	ARIMAX 5	3,418.20	3,232.06	-5.76%

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda que en futuros estudios de la producción de petróleo crudo en México se realicen estimaciones con el método de máxima verosimilitud ya que se pudieron encontrar algunas variaciones respecto a los datos publicados en el SIE, como por ejemplo las actualizaciones que anualmente se realizan de la información pasada de la variable.

El método antes mencionado se propone debido a que en los estimadores de los mínimos cuadrados ordinarios y de la máxima verosimilitud la varianza de  $u_i$  es diferente, en muestras grandes; sin embargo, estos dos estimadores convergen, por lo tanto, el método de máxima verosimilitud generalmente recibe el nombre de método de grandes muestras.

Para lo anterior, resulta necesario consultar las bases históricas sobre la producción de petróleo crudo en México, publicadas vía electrónica por organismos internacionales como el departamento de energía de Estados Unidos de Norteamérica, ya que éstas cuentan con registros de un plazo mayor a 40 años, sin que lo anterior represente la suficiente credibilidad en las cifras, debido a que los datos publicados oficialmente por el gobierno mexicano sobre la producción de petróleo crudo en México, vía electrónica en la página de Internet del SIE y alimentadas con información de PEMEX, no representan un plazo mayor a 25 años.



# ANEXO A BASE DE DATOS

Sistema de Información Energética  
Petróleos Mexicanos  
Producción de petróleo crudo por entidad federativa  
(miles de barriles diarios)

Periodo	Producción	Periodo	Producción	Periodo	Producción
1990 - 01	2,517.38	1995 - 05	2,680.60	2000 - 09	3,172.85
1990 - 02	2,513.97	1995 - 06	2,699.38	2000 - 10	2,860.87
1990 - 03	2,505.16	1995 - 07	2,706.41	2000 - 11	2,964.55
1990 - 04	2,505.46	1995 - 08	2,707.69	2000 - 12	3,042.75
1990 - 05	2,479.18	1995 - 09	2,738.66	2001 - 01	3,087.30
1990 - 06	2,459.06	1995 - 10	1,898.98	2001 - 02	3,136.45
1990 - 07	2,479.34	1995 - 11	2,555.80	2001 - 03	3,150.72
1990 - 08	2,540.41	1995 - 12	2,762.52	2001 - 04	3,007.87
1990 - 09	2,620.27	1996 - 01	2,795.82	2001 - 05	3,031.42
1990 - 10	2,637.52	1996 - 02	2,844.40	2001 - 06	3,139.57
1990 - 11	2,659.10	1996 - 03	2,868.65	2001 - 07	3,184.88
1990 - 12	2,657.63	1996 - 04	2,852.24	2001 - 08	3,174.92
1991 - 01	2,661.39	1996 - 05	2,874.26	2001 - 09	3,177.36
1991 - 02	2,674.16	1996 - 06	2,879.82	2001 - 10	2,992.54
1991 - 03	2,669.49	1996 - 07	2,872.37	2001 - 11	3,167.53
1991 - 04	2,652.92	1996 - 08	2,830.44	2001 - 12	3,274.28
1991 - 05	2,696.27	1996 - 09	2,862.22	2002 - 01	3,252.61
1991 - 06	2,717.93	1996 - 10	2,858.26	2002 - 02	3,141.75
1991 - 07	2,688.71	1996 - 11	2,859.48	2002 - 03	3,124.86
1991 - 08	2,657.68	1996 - 12	2,901.80	2002 - 04	3,177.75
1991 - 09	2,675.75	1997 - 01	2,938.61	2002 - 05	3,135.82
1991 - 10	2,683.10	1997 - 02	2,968.49	2002 - 06	3,157.74
1991 - 11	2,657.43	1997 - 03	2,969.33	2002 - 07	3,144.66
1991 - 12	2,675.12	1997 - 04	2,946.89	2002 - 08	3,214.10
1992 - 01	2,650.18	1997 - 05	2,988.53	2002 - 09	3,161.72
1992 - 02	2,664.54	1997 - 06	3,006.62	2002 - 10	3,257.27
1992 - 03	2,680.96	1997 - 07	3,032.85	2002 - 11	3,080.38
1992 - 04	2,678.32	1997 - 08	3,079.50	2002 - 12	3,268.88
1992 - 05	2,658.52	1997 - 09	3,104.89	2003 - 01	3,329.91
1992 - 06	2,678.84	1997 - 10	3,087.03	2003 - 02	3,324.03
1992 - 07	2,681.67	1997 - 11	3,084.54	2003 - 03	3,317.44
1992 - 08	2,686.44	1997 - 12	3,055.90	2003 - 04	3,282.12
1992 - 09	2,687.10	1998 - 01	3,084.71	2003 - 05	3,319.73
1992 - 10	2,654.26	1998 - 02	3,140.73	2003 - 06	3,395.93
1992 - 11	2,638.22	1998 - 03	3,157.73	2003 - 07	3,400.41
1992 - 12	2,653.82	1998 - 04	3,140.84	2003 - 08	3,426.05
1993 - 01	2,604.23	1998 - 05	3,149.12	2003 - 09	3,417.47
1993 - 02	2,611.45	1998 - 06	3,049.62	2003 - 10	3,398.27
1993 - 03	2,635.07	1998 - 07	3,121.55	2003 - 11	3,379.84
1993 - 04	2,673.51	1998 - 08	3,054.98	2003 - 12	3,454.77
1993 - 05	2,672.87	1998 - 09	2,905.74	2004 - 01	3,417.20
1993 - 06	2,675.08	1998 - 10	2,791.95	2004 - 02	3,360.05
1993 - 07	2,649.24	1998 - 11	3,146.76	2004 - 03	3,367.58
1993 - 08	2,649.89	1998 - 12	3,107.26	2004 - 04	3,438.62
1993 - 09	2,700.03	1999 - 01	3,143.51	2004 - 05	3,393.83
1993 - 10	2,730.87	1999 - 02	3,019.73	2004 - 06	3,435.54
1993 - 11	2,730.08	1999 - 03	3,052.92	2004 - 07	3,362.54
1993 - 12	2,745.23	1999 - 04	2,893.48	2004 - 08	3,353.98
1994 - 01	2,724.12	1999 - 05	2,926.37	2004 - 09	3,430.78
1994 - 02	2,706.51	1999 - 06	2,801.22	2004 - 10	3,451.39
1994 - 03	2,686.79	1999 - 07	2,919.81	2004 - 11	3,364.29
1994 - 04	2,698.80	1999 - 08	2,847.53	2004 - 12	3,221.94
1994 - 05	2,688.39	1999 - 09	2,861.45	2005 - 01	3,351.09
1994 - 06	2,673.09	1999 - 10	2,765.50	2005 - 02	3,348.93
1994 - 07	2,672.04	1999 - 11	2,851.54	2005 - 03	3,251.61
1994 - 08	2,675.59	1999 - 12	2,793.29	2005 - 04	3,409.10
1994 - 09	2,667.14	2000 - 01	3,031.52	2005 - 05	3,440.70
1994 - 10	2,683.91	2000 - 02	2,897.16	2005 - 06	3,425.02
1994 - 11	2,672.54	2000 - 03	2,997.95	2005 - 07	3,081.51
1994 - 12	2,673.44	2000 - 04	3,040.72	2005 - 08	3,413.80
1995 - 01	2,680.22	2000 - 05	3,039.69	2005 - 09	3,366.73
1995 - 02	2,647.36	2000 - 06	3,055.52	2005 - 10	3,220.84
1995 - 03	2,669.51	2000 - 07	2,876.11	2005 - 11	3,310.55
1995 - 04	2,668.43	2000 - 08	3,162.47	2005 - 12	3,387.56

Fuente: Sistema de Información Energética SIE

Sistema de Información Energética  
Petróleos Mexicanos  
Producción de petróleo crudo por entidad federativa  
(miles de barriles diarios)

Periodo	Producción	Tasa de Crecimiento	Periodo	Producción	Tasa de Crecimiento	Periodo	Producción	Tasa de Crecimiento	Periodo	Producción	Tasa de Crecimiento
1990 - 01	2,517.38		1 1994 - 01	2,724.12	-0.77%	1998 - 01	3,084.71	0.94%	2002 - 01	3,252.61	-0.66%
1990 - 02	2,513.97	-0.14%	2 1994 - 02	2,706.51	-0.65%	1998 - 02	3,140.73	1.82%	2002 - 02	3,141.75	-3.41%
1990 - 03	2,505.16	-0.35%	3 1994 - 03	2,686.79	-0.73%	1998 - 03	3,157.73	0.54%	2002 - 03	3,124.86	-0.54%
1990 - 04	2,505.46	0.01%	4 1994 - 04	2,698.80	0.45%	1998 - 04	3,140.84	-0.53%	2002 - 04	3,177.75	1.69%
1990 - 05	2,479.18	-1.05%	5 1994 - 05	2,688.39	-0.39%	1998 - 05	3,149.12	0.26%	2002 - 05	3,135.82	-1.32%
1990 - 06	2,459.06	-0.81%	6 1994 - 06	2,673.09	-0.57%	1998 - 06	3,049.62	-3.16%	2002 - 06	3,157.74	0.70%
1990 - 07	2,479.34	0.82%	7 1994 - 07	2,672.04	-0.04%	1998 - 07	3,121.55	2.36%	2002 - 07	3,144.66	-0.41%
1990 - 08	2,540.41	2.46%	8 1994 - 08	2,675.59	0.13%	1998 - 08	3,054.98	-2.13%	2002 - 08	3,214.10	2.21%
1990 - 09	2,620.27	3.14%	9 1994 - 09	2,667.14	-0.32%	1998 - 09	2,905.74	-4.89%	2002 - 09	3,161.72	-1.63%
1990 - 10	2,637.52	0.66%	10 1994 - 10	2,683.91	0.63%	1998 - 10	2,791.95	-3.92%	2002 - 10	3,257.27	3.02%
1990 - 11	2,659.10	0.82%	11 1994 - 11	2,672.54	-0.42%	1998 - 11	3,146.76	12.71%	2002 - 11	3,080.38	-5.43%
1990 - 12	2,657.63	-0.06%	12 1994 - 12	2,673.44	0.03%	1998 - 12	3,107.26	-1.26%	2002 - 12	3,268.88	6.12%
1991 - 01	2,661.39	0.14%	13 1995 - 01	2,680.22	0.25%	1999 - 01	3,143.51	1.17%	2003 - 01	3,329.91	1.87%
1991 - 02	2,674.16	0.48%	14 1995 - 02	2,647.36	-1.23%	1999 - 02	3,019.73	-3.94%	2003 - 02	3,324.03	-0.18%
1991 - 03	2,669.49	-0.17%	15 1995 - 03	2,669.51	0.84%	1999 - 03	3,052.92	1.10%	2003 - 03	3,317.44	-0.20%
1991 - 04	2,652.92	-0.62%	16 1995 - 04	2,668.43	-0.04%	1999 - 04	2,893.48	-5.22%	2003 - 04	3,282.12	-1.06%
1991 - 05	2,696.27	1.63%	17 1995 - 05	2,680.60	0.46%	1999 - 05	2,926.37	1.14%	2003 - 05	3,319.73	1.15%
1991 - 06	2,717.93	0.80%	18 1995 - 06	2,699.38	0.70%	1999 - 06	2,801.22	-4.28%	2003 - 06	3,395.93	2.30%
1991 - 07	2,688.71	-1.08%	19 1995 - 07	2,706.41	0.26%	1999 - 07	2,919.81	4.23%	2003 - 07	3,400.41	0.13%
1991 - 08	2,657.68	-1.15%	20 1995 - 08	2,707.69	0.05%	1999 - 08	2,847.53	-2.48%	2003 - 08	3,426.05	0.75%
1991 - 09	2,675.75	0.68%	21 1995 - 09	2,738.66	1.14%	1999 - 09	2,861.45	0.49%	2003 - 09	3,417.47	-0.25%
1991 - 10	2,683.10	0.27%	22 1995 - 10	1,898.98	-30.66%	1999 - 10	2,765.50	-3.35%	2003 - 10	3,398.27	-0.56%
1991 - 11	2,657.43	-0.96%	23 1995 - 11	2,555.80	34.59%	1999 - 11	2,851.54	3.11%	2003 - 11	3,379.84	-0.54%
1991 - 12	2,675.12	0.67%	24 1995 - 12	2,762.52	8.09%	1999 - 12	2,793.29	-2.04%	2003 - 12	3,454.77	2.22%
1992 - 01	2,650.18	-0.93%	25 1996 - 01	2,795.82	1.21%	2000 - 01	3,031.52	8.53%	2004 - 01	3,417.20	-1.09%
1992 - 02	2,664.54	0.54%	26 1996 - 02	2,844.40	1.74%	2000 - 02	2,897.16	-4.43%	2004 - 02	3,360.05	-1.67%
1992 - 03	2,680.96	0.62%	27 1996 - 03	2,868.65	0.85%	2000 - 03	2,997.95	3.48%	2004 - 03	3,367.58	0.22%
1992 - 04	2,678.32	-0.10%	28 1996 - 04	2,852.24	-0.57%	2000 - 04	3,040.72	1.43%	2004 - 04	3,438.62	2.11%
1992 - 05	2,658.52	-0.74%	29 1996 - 05	2,874.26	0.77%	2000 - 05	3,039.69	-0.03%	2004 - 05	3,393.83	-1.30%
1992 - 06	2,678.84	0.76%	30 1996 - 06	2,879.82	0.19%	2000 - 06	3,055.52	0.52%	2004 - 06	3,435.54	1.23%
1992 - 07	2,681.67	0.11%	31 1996 - 07	2,872.37	-0.26%	2000 - 07	2,876.11	-5.87%	2004 - 07	3,362.54	-2.12%
1992 - 08	2,686.44	0.18%	32 1996 - 08	2,830.44	-1.46%	2000 - 08	3,162.47	9.96%	2004 - 08	3,353.98	-0.25%
1992 - 09	2,687.10	0.02%	33 1996 - 09	2,862.22	1.12%	2000 - 09	3,172.85	0.33%	2004 - 09	3,430.78	2.29%
1992 - 10	2,654.26	-1.22%	34 1996 - 10	2,858.26	-0.14%	2000 - 10	2,860.87	-9.83%	2004 - 10	3,451.39	0.60%
1992 - 11	2,638.22	-0.60%	35 1996 - 11	2,859.48	0.04%	2000 - 11	2,964.55	3.62%	2004 - 11	3,364.29	-2.52%
1992 - 12	2,653.82	0.59%	36 1996 - 12	2,901.80	1.48%	2000 - 12	3,042.75	2.64%	2004 - 12	3,221.94	-4.23%
1993 - 01	2,604.23	-1.87%	37 1997 - 01	2,938.61	1.27%	2001 - 01	3,087.30	1.46%	2005 - 01	3,351.09	4.01%
1993 - 02	2,611.45	0.28%	38 1997 - 02	2,968.49	1.02%	2001 - 02	3,136.45	1.59%	2005 - 02	3,348.93	-0.06%
1993 - 03	2,635.07	0.90%	39 1997 - 03	2,969.33	0.03%	2001 - 03	3,150.72	0.45%	2005 - 03	3,251.61	-2.91%
1993 - 04	2,673.51	1.46%	40 1997 - 04	2,946.89	-0.76%	2001 - 04	3,007.87	-4.53%	2005 - 04	3,409.10	4.84%
1993 - 05	2,672.87	-0.02%	41 1997 - 05	2,988.53	1.41%	2001 - 05	3,031.42	0.78%	2005 - 05	3,440.70	0.93%
1993 - 06	2,675.08	0.08%	42 1997 - 06	3,006.62	0.61%	2001 - 06	3,139.57	3.57%	2005 - 06	3,425.02	-0.46%
1993 - 07	2,649.24	-0.97%	43 1997 - 07	3,032.85	0.87%	2001 - 07	3,184.88	1.44%	2005 - 07	3,081.51	-10.03%
1993 - 08	2,649.89	0.02%	44 1997 - 08	3,079.50	1.54%	2001 - 08	3,174.92	-0.31%	2005 - 08	3,413.80	10.78%
1993 - 09	2,700.03	1.89%	45 1997 - 09	3,104.89	0.82%	2001 - 09	3,177.36	0.08%	2005 - 09	3,366.73	-1.38%
1993 - 10	2,730.87	1.14%	46 1997 - 10	3,087.03	-0.58%	2001 - 10	2,992.54	-5.82%	2005 - 10	3,220.84	-4.33%
1993 - 11	2,730.08	-0.03%	47 1997 - 11	3,084.54	-0.08%	2001 - 11	3,167.53	5.85%	2005 - 11	3,310.55	2.79%
1993 - 12	2,745.23	0.55%	48 1997 - 12	3,055.90	-0.93%	2001 - 12	3,274.28	3.37%	2005 - 12	3,387.56	2.33%

Fuente: Sistema de Información Energética SIE

## ANEXO B ESTADÍSTICO

Cuadro B.1 Resultados de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada  
1990:01 - 2005:12

Variable	Valores Críticos al 5%		ADF	Estado	R <sup>2</sup>
	Lim Inf	Lim Sup			
petrolprod	-2.876759	2.876759	-1.282899	No estacionaria	0.241931
log(petrolprod)	-2.876759	2.876759	-1.492963	No estacionaria	0.24862
$\Delta$ petrolprod	-2.876759	2.876759	-12.56621	Estacionaria	0.717622
log $\Delta$ petrolprod	-2.876759	2.876759	-12.44559	Estacionaria	0.722669
$\Delta^2$ petrolprod	-2.877186	2.877186	-10.89412	Estacionaria	0.895968
log $\Delta^2$ petrolprod	-2.877186	2.877186	-10.8838	Estacionaria	0.897702

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SIE.

Cuadro B.2 Resultados de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada  
1990:01 - 2006:01

Variable	Valores Críticos al 5%		ADF	Estado	R <sup>2</sup>
	Lim Inf	Lim Sup			
petrolprod	-2.876677	2.876677	-1.263035	No estacionaria	0.241715
log(petrolprod)	-2.876677	2.876677	-1.476131	No estacionaria	0.24838
$\Delta$ petrolprod	-2.876677	2.876677	-12.59842	Estacionaria	0.717953
log $\Delta$ petrolprod	-2.876677	2.876677	-12.47808	Estacionaria	0.722857
$\Delta^2$ petrolprod	-2.877099	2.877099	-10.89234	Estacionaria	0.895738
log $\Delta^2$ petrolprod	-2.877099	2.877099	-10.89732	Estacionaria	0.897573

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SIE.

Cuadro B.3 Resultados de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada  
1990:01 - 2006:02

Variable	Valores Críticos al 5%		ADF	Estado	R <sup>2</sup>
	Lim Inf	Lim Sup			
petrolprod	-2.876595	2.876595	-1.288435	No estacionaria	0.242928
log(petrolprod)	-2.876595	2.876595	-1.496716	No estacionaria	0.249145
$\Delta$ petrolprod	-2.876595	2.876595	-12.69256	Estacionaria	0.717914
log $\Delta$ petrolprod	-2.876595	2.876595	-12.54977	Estacionaria	0.72282
$\Delta^2$ petrolprod	-2.877012	2.877012	-10.9952	Estacionaria	0.895734
log $\Delta^2$ petrolprod	-2.877012	2.877012	-10.9767	Estacionaria	0.897562

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SIE.

Cuadro B.4 Resultados de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada  
1990:01 - 2006:03

Variable	Valores Críticos al 5%		ADF	Estado	R2
	Lim Inf	Lim Sup			
petrolprod	-2.876515	2.876515	-1.2754	No estacionaria	0.24309
log(petrolprod)	-2.876515	2.876515	-1.488067	No estacionaria	0.249197
$\Delta$ petrolprod	-2.876515	2.876515	-12.72763	Estacionaria	0.718324
log $\Delta$ petrolprod	-2.876515	2.876515	-12.58416	Estacionaria	0.723064
$\Delta^2$ petrolprod	-2.876927	2.876927	-11.02771	Estacionaria	0.895815
log $\Delta^2$ petrolprod	-2.876927	2.876927	-11.00676	Estacionaria	0.897607

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SIE.

Cuadro B.5 Resultados de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada  
1990:01 - 2006:04

Variable	Valores Críticos al 5%		ADF	Estado	R2
	Lim Inf	Lim Sup			
petrolprod	-2.876435	2.876435	-1.267023	No estacionaria	0.243041
log(petrolprod)	-2.876435	2.876435	-1.480857	No estacionaria	0.249104
$\Delta$ petrolprod	-2.876435	2.876435	-12.76988	Estacionaria	0.718336
log $\Delta$ petrolprod	-2.876435	2.876435	-12.62321	Estacionaria	0.723072
$\Delta^2$ petrolprod	-2.876843	2.876843	-11.0824	Estacionaria	0.895846
log $\Delta^2$ petrolprod	-2.876843	2.876843	-11.05249	Estacionaria	0.897624

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética, SIE.

Correlograma I  
1990:01 - 2005:12

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.601	-0.601	69.652	0.000
		2 0.075	-0.447	70.753	0.000
		3 0.000	-0.398	70.753	0.000
		4 0.063	-0.272	71.521	0.000
		5 -0.071	-0.278	72.504	0.000
		6 0.057	-0.210	73.159	0.000
		7 -0.040	-0.207	73.482	0.000
		8 0.046	-0.119	73.915	0.000
		9 -0.074	-0.173	75.009	0.000
		10 0.084	-0.102	76.453	0.000
		11 -0.068	-0.124	77.408	0.000
		12 0.039	-0.116	77.723	0.000
		13 -0.011	-0.094	77.749	0.000
		14 0.012	-0.056	77.779	0.000
		15 -0.028	-0.050	77.945	0.000
		16 0.024	-0.039	78.068	0.000
		17 -0.016	-0.046	78.124	0.000
		18 0.022	-0.025	78.226	0.000
		19 -0.029	-0.037	78.402	0.000
		20 0.026	-0.032	78.543	0.000
		21 -0.007	-0.003	78.554	0.000
		22 0.011	0.063	78.583	0.000
		23 -0.044	0.033	79.015	0.000
		24 0.033	-0.002	79.255	0.000
		25 -0.002	-0.030	79.256	0.000
		26 0.015	-0.012	79.304	0.000
		27 -0.033	-0.035	79.554	0.000
		28 0.039	0.005	79.891	0.000
		29 -0.036	0.004	80.184	0.000
		30 0.025	0.025	80.324	0.000
		31 -0.040	-0.049	80.691	0.000
		32 0.064	-0.024	81.645	0.000
		33 -0.035	0.016	81.921	0.000
		34 -0.025	-0.041	82.063	0.000
		35 -0.021	-0.225	82.164	0.000
		36 0.144	-0.091	87.096	0.000
		37 -0.135	-0.048	91.464	0.000
		38 0.057	0.063	92.233	0.000
		39 -0.061	0.034	93.141	0.000
		40 0.062	0.024	94.067	0.000
		41 -0.027	0.028	94.248	0.000
		42 0.023	0.046	94.377	0.000
		43 -0.051	-0.025	95.015	0.000
		44 0.061	-0.027	95.953	0.000
		45 -0.023	0.029	96.088	0.000
		46 -0.011	0.008	96.117	0.000
		47 0.000	0.016	96.117	0.000
		48 0.020	0.018	96.215	0.000
		49 -0.062	-0.137	97.194	0.000
		50 0.132	-0.011	101.77	0.000
		51 -0.128	-0.003	106.04	0.000
		52 0.045	0.004	106.58	0.000
		53 0.004	0.037	106.58	0.000
		54 -0.002	0.021	106.58	0.000
		55 0.009	0.102	106.61	0.000
		56 -0.093	-0.157	108.95	0.000
		57 0.200	0.016	119.91	0.000
		58 -0.132	0.133	124.71	0.000
		59 -0.101	-0.078	127.56	0.000
		60 0.204	0.004	139.24	0.000
		61 -0.097	0.021	141.90	0.000
		62 -0.017	-0.033	141.97	0.000
		63 0.044	-0.016	142.52	0.000
		64 -0.030	-0.067	142.78	0.000

Correlograma 2  
1990:01 - 2006:01

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.600	-0.600	69.874	0.000
		2 0.073	-0.448	70.921	0.000
		3 0.000	-0.401	70.921	0.000
		4 0.066	-0.271	71.774	0.000
		5 -0.076	-0.282	72.930	0.000
		6 0.060	-0.218	73.653	0.000
		7 -0.040	-0.219	73.971	0.000
		8 0.048	-0.132	74.426	0.000
		9 -0.076	-0.187	75.588	0.000
		10 0.085	-0.119	77.065	0.000
		11 -0.067	-0.140	77.992	0.000
		12 0.037	-0.136	78.272	0.000
		13 -0.011	-0.120	78.295	0.000
		14 0.013	-0.089	78.330	0.000
		15 -0.028	-0.084	78.491	0.000
		16 0.024	-0.075	78.608	0.000
		17 -0.017	-0.084	78.668	0.000
		18 0.023	-0.064	78.779	0.000
		19 -0.029	-0.078	78.964	0.000
		20 0.027	-0.073	79.117	0.000
		21 -0.008	-0.042	79.130	0.000
		22 0.011	0.031	79.155	0.000
		23 -0.044	0.011	79.586	0.000
		24 0.034	-0.017	79.840	0.000
		25 -0.003	-0.043	79.842	0.000
		26 0.015	-0.026	79.890	0.000
		27 -0.033	-0.048	80.139	0.000
		28 0.039	-0.010	80.482	0.000
		29 -0.036	-0.008	80.779	0.000
		30 0.025	0.020	80.926	0.000
		31 -0.040	-0.048	81.300	0.000
		32 0.064	-0.025	82.238	0.000
		33 -0.034	0.019	82.511	0.000
		34 -0.025	-0.037	82.653	0.000
		35 -0.020	-0.238	82.749	0.000
		36 0.145	-0.124	87.772	0.000
		37 -0.138	-0.094	92.361	0.000
		38 0.059	0.024	93.199	0.000
		39 -0.063	0.005	94.147	0.000
		40 0.063	0.003	95.109	0.000
		41 -0.028	0.017	95.299	0.000
		42 0.023	0.047	95.432	0.000
		43 -0.051	-0.021	96.086	0.000
		44 0.062	-0.028	97.051	0.000
		45 -0.024	0.026	97.195	0.000
		46 -0.011	0.003	97.228	0.000
		47 0.001	0.007	97.228	0.000
		48 0.021	0.007	97.338	0.000
		49 -0.061	-0.153	98.297	0.000
		50 0.129	-0.040	102.66	0.000
		51 -0.126	-0.037	106.82	0.000
		52 0.045	-0.034	107.36	0.000
		53 0.005	0.002	107.36	0.000
		54 -0.002	-0.004	107.37	0.000
		55 0.008	0.097	107.38	0.000
		56 -0.094	-0.165	109.81	0.000
		57 0.201	-0.003	120.94	0.000
		58 -0.131	0.131	125.72	0.000
		59 -0.101	-0.067	128.58	0.000
		60 0.204	0.017	140.31	0.000
		61 -0.097	0.042	142.96	0.000
		62 -0.020	-0.011	143.08	0.000
		63 0.047	0.002	143.70	0.000
		64 -0.027	-0.053	143.92	0.000

Correlograma 3  
1990:01 - 2006:02

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.600	-0.600	70.121	0.000
		2 0.073	-0.447	71.175	0.000
		3 -0.001	-0.400	71.175	0.000
		4 0.066	-0.270	72.042	0.000
		5 -0.075	-0.277	73.156	0.000
		6 0.057	-0.214	73.817	0.000
		7 -0.038	-0.215	74.115	0.000
		8 0.048	-0.128	74.575	0.000
		9 -0.075	-0.181	75.727	0.000
		10 0.084	-0.110	77.174	0.000
		11 -0.067	-0.130	78.095	0.000
		12 0.037	-0.122	78.384	0.000
		13 -0.012	-0.104	78.413	0.000
		14 0.013	-0.072	78.450	0.000
		15 -0.027	-0.068	78.607	0.000
		16 0.024	-0.058	78.726	0.000
		17 -0.017	-0.065	78.789	0.000
		18 0.023	-0.045	78.897	0.000
		19 -0.029	-0.058	79.078	0.000
		20 0.026	-0.052	79.227	0.000
		21 -0.007	-0.020	79.239	0.000
		22 0.011	0.050	79.263	0.000
		23 -0.045	0.024	79.701	0.000
		24 0.034	-0.007	79.957	0.000
		25 -0.002	-0.033	79.959	0.000
		26 0.014	-0.014	80.004	0.000
		27 -0.033	-0.036	80.254	0.000
		28 0.039	0.003	80.599	0.000
		29 -0.036	0.003	80.895	0.000
		30 0.025	0.029	81.042	0.000
		31 -0.040	-0.039	81.411	0.000
		32 0.063	-0.011	82.349	0.000
		33 -0.035	0.033	82.628	0.000
		34 -0.024	-0.023	82.769	0.000
		35 -0.020	-0.213	82.865	0.000
		36 0.146	-0.080	87.926	0.000
		37 -0.138	-0.038	92.494	0.000
		38 0.057	0.077	93.291	0.000
		39 -0.061	0.052	94.208	0.000
		40 0.062	0.043	95.153	0.000
		41 -0.027	0.050	95.338	0.000
		42 0.023	0.072	95.466	0.000
		43 -0.051	0.000	96.119	0.000
		44 0.062	-0.008	97.079	0.000
		45 -0.023	0.041	97.218	0.000
		46 -0.012	0.012	97.253	0.000
		47 0.000	0.010	97.253	0.000
		48 0.021	0.005	97.367	0.000
		49 -0.060	-0.148	98.312	0.000
		50 0.129	-0.022	102.71	0.000
		51 -0.127	-0.016	106.99	0.000
		52 0.046	-0.012	107.55	0.000
		53 0.005	0.022	107.55	0.000
		54 -0.002	0.013	107.55	0.000
		55 0.009	0.108	107.57	0.000
		56 -0.095	-0.149	110.02	0.000
		57 0.200	0.022	121.10	0.000
		58 -0.131	0.145	125.85	0.000
		59 -0.101	-0.061	128.70	0.000
		60 0.204	0.026	140.46	0.000
		61 -0.096	0.048	143.10	0.000
		62 -0.020	-0.006	143.22	0.000
		63 0.045	0.006	143.80	0.000
		64 -0.026	-0.047	143.99	0.000

Correlograma 4  
1990:01 - 2006:03

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.600	-0.600	70.449	0.000
		2 0.072	-0.448	71.482	0.000
		3 -0.001	-0.403	71.482	0.000
		4 0.068	-0.272	72.410	0.000
		5 -0.076	-0.278	73.555	0.000
		6 0.054	-0.222	74.140	0.000
		7 -0.032	-0.220	74.349	0.000
		8 0.045	-0.130	74.754	0.000
		9 -0.076	-0.182	75.922	0.000
		10 0.083	-0.114	77.335	0.000
		11 -0.065	-0.134	78.196	0.000
		12 0.036	-0.128	78.472	0.000
		13 -0.013	-0.115	78.508	0.000
		14 0.016	-0.083	78.559	0.000
		15 -0.028	-0.077	78.723	0.000
		16 0.023	-0.063	78.833	0.000
		17 -0.018	-0.071	78.900	0.000
		18 0.023	-0.050	79.016	0.000
		19 -0.028	-0.062	79.190	0.000
		20 0.025	-0.056	79.329	0.000
		21 -0.006	-0.023	79.338	0.000
		22 0.010	0.047	79.358	0.000
		23 -0.044	0.024	79.786	0.000
		24 0.035	-0.006	80.052	0.000
		25 -0.003	-0.031	80.053	0.000
		26 0.013	-0.015	80.093	0.000
		27 -0.032	-0.038	80.331	0.000
		28 0.039	0.000	80.677	0.000
		29 -0.036	-0.001	80.975	0.000
		30 0.025	0.026	81.119	0.000
		31 -0.040	-0.042	81.486	0.000
		32 0.063	-0.018	82.407	0.000
		33 -0.034	0.020	82.681	0.000
		34 -0.024	-0.038	82.815	0.000
		35 -0.020	-0.236	82.913	0.000
		36 0.145	-0.116	87.985	0.000
		37 -0.138	-0.081	92.603	0.000
		38 0.056	0.032	93.368	0.000
		39 -0.058	0.014	94.186	0.000
		40 0.059	0.006	95.056	0.000
		41 -0.026	0.017	95.223	0.000
		42 0.022	0.044	95.339	0.000
		43 -0.050	-0.027	95.973	0.000
		44 0.061	-0.036	96.925	0.000
		45 -0.023	0.017	97.057	0.000
		46 -0.013	-0.006	97.097	0.000
		47 0.001	-0.003	97.097	0.000
		48 0.022	0.002	97.221	0.000
		49 -0.061	-0.148	98.195	0.000
		50 0.128	-0.023	102.51	0.000
		51 -0.128	-0.024	106.85	0.000
		52 0.049	-0.022	107.50	0.000
		53 0.003	0.015	107.50	0.000
		54 -0.002	0.010	107.50	0.000
		55 0.008	0.108	107.52	0.000
		56 -0.095	-0.154	110.01	0.000
		57 0.201	0.004	121.19	0.000
		58 -0.129	0.133	125.82	0.000
		59 -0.102	-0.068	128.77	0.000
		60 0.204	0.018	140.50	0.000
		61 -0.096	0.039	143.14	0.000
		62 -0.021	-0.022	143.26	0.000
		63 0.044	-0.012	143.83	0.000
		64 -0.022	-0.068	143.97	0.000



Correlograma 5  
1990:01 - 2006:04

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.600	-0.600	70.843	0.000
		2 0.073	-0.448	71.884	0.000
		3 -0.001	-0.403	71.884	0.000
		4 0.068	-0.272	72.817	0.000
		5 -0.076	-0.278	73.981	0.000
		6 0.054	-0.223	74.572	0.000
		7 -0.032	-0.220	74.774	0.000
		8 0.043	-0.132	75.160	0.000
		9 -0.075	-0.184	76.315	0.000
		10 0.083	-0.117	77.737	0.000
		11 -0.064	-0.139	78.597	0.000
		12 0.036	-0.133	78.868	0.000
		13 -0.013	-0.121	78.903	0.000
		14 0.016	-0.089	78.956	0.000
		15 -0.028	-0.084	79.126	0.000
		16 0.023	-0.071	79.238	0.000
		17 -0.017	-0.080	79.303	0.000
		18 0.023	-0.060	79.421	0.000
		19 -0.028	-0.072	79.598	0.000
		20 0.025	-0.068	79.736	0.000
		21 -0.006	-0.035	79.744	0.000
		22 0.009	0.037	79.764	0.000
		23 -0.044	0.016	80.190	0.000
		24 0.034	-0.012	80.455	0.000
		25 -0.003	-0.037	80.457	0.000
		26 0.013	-0.021	80.497	0.000
		27 -0.032	-0.044	80.734	0.000
		28 0.039	-0.006	81.078	0.000
		29 -0.036	-0.006	81.378	0.000
		30 0.025	0.023	81.522	0.000
		31 -0.040	-0.045	81.890	0.000
		32 0.063	-0.022	82.813	0.000
		33 -0.034	0.018	83.086	0.000
		34 -0.024	-0.039	83.222	0.000
		35 -0.020	-0.241	83.321	0.000
		36 0.145	-0.127	88.416	0.000
		37 -0.138	-0.095	93.052	0.000
		38 0.056	0.017	93.823	0.000
		39 -0.058	0.002	94.637	0.000
		40 0.059	-0.005	95.492	0.000
		41 -0.025	0.009	95.653	0.000
		42 0.021	0.039	95.767	0.000
		43 -0.050	-0.031	96.397	0.000
		44 0.061	-0.040	97.348	0.000
		45 -0.023	0.014	97.480	0.000
		46 -0.013	-0.009	97.521	0.000
		47 0.001	-0.005	97.521	0.000
		48 0.022	-0.001	97.645	0.000
		49 -0.061	-0.156	98.627	0.000
		50 0.128	-0.037	102.97	0.000
		51 -0.128	-0.039	107.31	0.000
		52 0.049	-0.038	107.96	0.000
		53 0.002	-0.001	107.96	0.000
		54 -0.001	-0.005	107.96	0.000
		55 0.008	0.097	107.98	0.000
		56 -0.095	-0.165	110.47	0.000
		57 0.201	-0.011	121.69	0.000
		58 -0.129	0.125	126.35	0.000
		59 -0.103	-0.074	129.32	0.000
		60 0.204	0.011	141.12	0.000
		61 -0.096	0.035	143.77	0.000
		62 -0.021	-0.024	143.89	0.000
		63 0.044	-0.013	144.46	0.000
		64 -0.022	-0.069	144.60	0.000

Correlograma 6.  
Regresión l Modelo ARIMA 1990:01 2005:12

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.022	-0.022	0.0744	
		2	-0.004	-0.005	0.0772	
		3	-0.005	-0.005	0.0806	
		4	-0.056	-0.056	0.5804	
		5	0.029	0.026	0.7136	
		6	0.037	0.038	0.9350	
		7	0.013	0.014	0.9612	0.327
		8	0.003	0.001	0.9625	0.618
		9	-0.037	-0.033	1.1860	0.756
		10	0.058	0.060	1.7452	0.782
		11	-0.008	-0.006	1.7556	0.882
		12	0.039	0.037	2.0148	0.918
		13	0.037	0.035	2.2521	0.945
		14	-0.028	-0.018	2.3853	0.967
		15	-0.012	-0.014	2.4094	0.983
		16	-0.009	-0.009	2.4235	0.992
		17	-0.015	-0.015	2.4633	0.996
		18	-0.001	-0.011	2.4636	0.998
		19	-0.026	-0.027	2.5879	0.999
		20	-0.007	-0.012	2.5969	1.000
		21	-0.097	-0.096	4.2988	0.997
		22	-0.073	-0.081	5.2786	0.994
		23	-0.078	-0.093	6.3975	0.990
		24	-0.062	-0.070	7.0996	0.989
		25	0.005	-0.014	7.1052	0.994
		26	-0.016	-0.024	7.1561	0.996
		27	-0.054	-0.054	7.6984	0.996
		28	-0.049	-0.053	8.1591	0.997
		29	-0.081	-0.078	9.4310	0.994
		30	-0.056	-0.071	10.049	0.994
		31	-0.062	-0.075	10.806	0.994
		32	0.016	0.003	10.854	0.996
		33	-0.042	-0.044	11.198	0.997
		34	0.006	0.015	11.206	0.998
		35	0.095	0.104	13.029	0.995
		36	-0.037	-0.018	13.304	0.996
		37	0.000	0.003	13.304	0.998
		38	-0.050	-0.055	13.817	0.998
		39	-0.115	-0.112	16.578	0.992
		40	-0.025	-0.053	16.713	0.994
		41	-0.043	-0.063	17.101	0.995
		42	0.001	-0.037	17.101	0.997
		43	-0.002	-0.039	17.102	0.998
		44	0.053	0.025	17.722	0.998
		45	-0.012	-0.063	17.754	0.999
		46	-0.016	-0.052	17.811	0.999
		47	0.024	-0.030	17.943	0.999
		48	0.067	0.026	18.974	0.999
		49	0.018	-0.004	19.050	0.999
		50	0.115	0.082	22.081	0.998
		51	-0.066	-0.086	23.109	0.997
		52	0.026	-0.007	23.269	0.998
		53	-0.004	-0.042	23.274	0.999
		54	-0.042	-0.090	23.702	0.999
		55	0.001	-0.058	23.702	0.999
		56	-0.037	-0.070	24.029	0.999
		57	0.125	0.105	27.908	0.997
		58	-0.119	-0.159	31.435	0.989
		59	-0.075	-0.131	32.843	0.987
		60	0.184	0.090	41.502	0.893
		61	0.020	-0.023	41.603	0.909
		62	0.019	-0.068	41.701	0.923
		63	0.022	-0.034	41.834	0.934
		64	-0.045	-0.039	42.386	0.938

Correlograma 7.  
Regresión 2 Modelo ARIMAX 1990:01 2005:12

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.
		1 -0.025	-0.025	0.1224	
		2 -0.037	-0.038	0.3839	
		3 -0.090	-0.092	1.9329	
		4 0.074	0.069	3.0035	
		5 0.044	0.042	3.3831	0.066
		6 0.024	0.024	3.4962	0.174
		7 -0.026	-0.010	3.6342	0.304
		8 0.010	0.014	3.6554	0.455
		9 -0.021	-0.024	3.7410	0.587
		10 0.090	0.083	5.3817	0.496
		11 0.006	0.012	5.3893	0.613
		12 -0.018	-0.016	5.4541	0.708
		13 0.041	0.060	5.7957	0.760
		14 0.029	0.022	5.9736	0.817
		15 -0.017	-0.023	6.0302	0.871
		16 -0.022	-0.016	6.1320	0.909
		17 -0.032	-0.034	6.3466	0.933
		18 -0.023	-0.040	6.4583	0.954
		19 -0.052	-0.060	7.0394	0.957
		20 -0.028	-0.042	7.2053	0.969
		21 -0.044	-0.054	7.6210	0.974
		22 -0.042	-0.048	8.0033	0.979
		23 -0.073	-0.086	9.1725	0.971
		24 -0.075	-0.094	10.399	0.960
		25 0.020	0.014	10.487	0.972
		26 0.017	0.008	10.552	0.981
		27 -0.038	-0.035	10.865	0.985
		28 -0.052	-0.029	11.476	0.985
		29 -0.094	-0.084	13.462	0.970
		30 -0.048	-0.062	13.973	0.973
		31 -0.035	-0.046	14.245	0.979
		32 0.010	0.004	14.267	0.985
		33 -0.050	-0.038	14.839	0.986
		34 0.004	0.026	14.843	0.991
		35 0.096	0.113	16.986	0.981
		36 0.102	0.114	19.442	0.960
		37 -0.078	-0.039	20.872	0.950
		38 -0.062	-0.045	21.778	0.948
		39 -0.096	-0.114	24.007	0.920
		40 0.000	-0.064	24.007	0.937
		41 -0.040	-0.080	24.395	0.945
		42 -0.040	-0.081	24.786	0.952
		43 -0.052	-0.065	25.453	0.954
		44 0.028	0.003	25.651	0.962
		45 0.006	-0.037	25.660	0.971
		46 0.000	-0.055	25.660	0.978
		47 0.014	0.001	25.712	0.983
		48 -0.027	-0.074	25.900	0.986
		49 0.050	0.014	26.550	0.987
		50 0.119	0.116	30.205	0.965
		51 -0.073	-0.079	31.599	0.959
		52 -0.027	-0.021	31.787	0.966
		53 -0.036	-0.030	32.130	0.970
		54 -0.060	-0.124	33.091	0.969
		55 -0.023	-0.054	33.232	0.974
		56 -0.036	-0.060	33.577	0.978
		57 0.120	0.091	37.525	0.947
		58 -0.125	-0.143	41.822	0.887
		59 -0.089	-0.127	44.000	0.856
		60 0.096	0.022	46.549	0.812
		61 0.046	-0.069	47.140	0.821
		62 0.036	-0.026	47.510	0.836
		63 0.045	0.034	48.097	0.844
		64 -0.013	0.004	48.143	0.865

Correlograma 8.  
Regresión 3 ARIMA 1990:01 2006:01

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.047	-0.047	0.3550	
		2	-0.037	-0.039	0.5715	
		3	-0.076	-0.080	1.5045	
		4	0.104	0.096	3.2597	
		5	-0.039	-0.036	3.5036	
		6	0.043	0.043	3.8057	0.051
		7	0.002	0.018	3.8062	0.149
		8	0.024	0.013	3.9027	0.272
		9	-0.038	-0.023	4.1453	0.387
		10	0.058	0.050	4.7103	0.452
		11	-0.017	-0.012	4.7618	0.575
		12	0.042	0.038	5.0677	0.652
		13	0.024	0.041	5.1634	0.740
		14	-0.017	-0.028	5.2113	0.816
		15	-0.023	-0.008	5.3045	0.870
		16	0.007	-0.005	5.3120	0.915
		17	-0.014	-0.022	5.3444	0.945
		18	-0.010	-0.013	5.3609	0.966
		19	-0.031	-0.033	5.5363	0.977
		20	0.003	-0.009	5.5376	0.987
		21	-0.086	-0.085	6.8768	0.976
		22	-0.065	-0.080	7.6538	0.973
		23	-0.082	-0.098	8.9005	0.962
		24	-0.047	-0.079	9.3170	0.968
		25	-0.005	-0.016	9.3221	0.979
		26	-0.013	-0.028	9.3558	0.986
		27	-0.058	-0.052	9.9938	0.986
		28	-0.038	-0.038	10.264	0.990
		29	-0.080	-0.088	11.486	0.985
		30	-0.056	-0.078	12.099	0.986
		31	-0.050	-0.061	12.590	0.987
		32	0.015	-0.009	12.634	0.991
		33	-0.045	-0.043	13.046	0.993
		34	0.005	0.013	13.051	0.995
		35	0.076	0.095	14.228	0.993
		36	-0.012	-0.002	14.256	0.996
		37	-0.023	0.006	14.361	0.997
		38	-0.056	-0.058	15.023	0.997
		39	-0.113	-0.144	17.719	0.990
		40	0.008	-0.017	17.733	0.993
		41	-0.043	-0.083	18.136	0.994
		42	-0.005	-0.049	18.140	0.996
		43	-0.017	-0.031	18.206	0.997
		44	0.070	0.021	19.269	0.997
		45	-0.024	-0.058	19.394	0.998
		46	-0.001	-0.039	19.394	0.998
		47	-0.007	-0.051	19.404	0.999
		48	0.078	0.010	20.803	0.998
		49	0.016	0.012	20.865	0.999
		50	0.105	0.076	23.422	0.997
		51	-0.073	-0.080	24.685	0.996
		52	0.026	-0.021	24.846	0.997
		53	0.022	-0.005	24.959	0.998
		54	-0.043	-0.127	25.409	0.998
		55	-0.032	-0.059	25.654	0.998
		56	0.008	-0.052	25.668	0.999
		57	0.126	0.094	29.633	0.995
		58	-0.131	-0.153	33.906	0.981
		59	-0.071	-0.126	35.197	0.978
		60	0.175	0.090	43.029	0.879
		61	0.050	-0.050	43.677	0.885
		62	-0.009	-0.042	43.699	0.902
		63	0.011	-0.015	43.729	0.918
		64	-0.024	-0.074	43.882	0.929

Correlograma 9.  
Regresión 4 ARIMAX 1990:01 2006:01

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.044	-0.044	0.3721	
		2	-0.052	-0.054	0.8898	
		3	-0.072	-0.077	1.9032	
		4	0.079	0.070	3.1257	
		5	0.050	0.050	3.6232	0.057
		6	0.020	0.028	3.7031	0.157
		7	-0.024	-0.006	3.8217	0.281
		8	0.011	0.014	3.8471	0.427
		9	-0.021	-0.026	3.9329	0.559
		10	0.091	0.083	5.6053	0.469
		11	0.004	0.012	5.6087	0.586
		12	-0.023	-0.018	5.7153	0.679
		13	0.039	0.054	6.0316	0.737
		14	0.027	0.019	6.1814	0.800
		15	-0.018	-0.024	6.2514	0.856
		16	-0.023	-0.019	6.3609	0.897
		17	-0.032	-0.037	6.5768	0.923
		18	-0.024	-0.044	6.7010	0.946
		19	-0.053	-0.063	7.3059	0.949
		20	-0.029	-0.046	7.4866	0.963
		21	-0.044	-0.056	7.8962	0.969
		22	-0.040	-0.046	8.2461	0.975
		23	-0.074	-0.087	9.4257	0.966
		24	-0.079	-0.099	10.780	0.952
		25	0.020	0.009	10.864	0.965
		26	0.015	0.007	10.912	0.976
		27	-0.039	-0.031	11.253	0.980
		28	-0.052	-0.028	11.850	0.982
		29	-0.092	-0.084	13.754	0.966
		30	-0.046	-0.065	14.244	0.970
		31	-0.033	-0.048	14.486	0.976
		32	0.011	0.004	14.512	0.983
		33	-0.053	-0.041	15.173	0.984
		34	-0.003	0.019	15.175	0.989
		35	0.093	0.107	17.209	0.978
		36	0.099	0.114	19.532	0.959
		37	-0.078	-0.034	20.971	0.948
		38	-0.060	-0.045	21.819	0.947
		39	-0.090	-0.117	23.752	0.925
		40	0.003	-0.067	23.755	0.942
		41	-0.036	-0.082	24.064	0.950
		42	-0.040	-0.083	24.458	0.956
		43	-0.052	-0.070	25.116	0.958
		44	0.029	0.000	25.326	0.966
		45	0.005	-0.039	25.332	0.974
		46	-0.001	-0.056	25.333	0.980
		47	0.015	-0.002	25.388	0.985
		48	-0.033	-0.083	25.666	0.988
		49	0.050	0.009	26.323	0.988
		50	0.123	0.116	30.236	0.965
		51	-0.076	-0.078	31.729	0.957
		52	-0.023	-0.021	31.865	0.965
		53	-0.028	-0.032	32.073	0.971
		54	-0.053	-0.122	32.822	0.971
		55	-0.020	-0.060	32.928	0.977
		56	-0.033	-0.063	33.218	0.980
		57	0.130	0.096	37.814	0.943
		58	-0.122	-0.137	41.932	0.884
		59	-0.086	-0.125	43.995	0.856
		60	0.105	0.019	47.104	0.796
		61	0.047	-0.065	47.725	0.804
		62	0.037	-0.024	48.116	0.819
		63	0.049	0.034	48.791	0.826
		64	-0.009	0.006	48.812	0.849

Correlograma 10.  
Regresión 5 ARIMA 1990:01 2006:02

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.035	-0.035	0.1995	
		2	-0.030	-0.032	0.3475	
		3	-0.084	-0.086	1.4716	
		4	0.106	0.100	3.3052	
		5	-0.036	-0.035	3.5207	
		6	0.041	0.039	3.7919	0.052
		7	0.009	0.026	3.8044	0.149
		8	0.024	0.012	3.9042	0.272
		9	-0.039	-0.024	4.1593	0.385
		10	0.057	0.051	4.7057	0.453
		11	-0.013	-0.011	4.7336	0.578
		12	0.044	0.040	5.0724	0.651
		13	0.024	0.041	5.1718	0.739
		14	-0.010	-0.022	5.1884	0.818
		15	-0.020	-0.005	5.2599	0.873
		16	0.006	-0.003	5.2660	0.918
		17	-0.013	-0.021	5.2941	0.947
		18	-0.007	-0.010	5.3025	0.968
		19	-0.028	-0.029	5.4430	0.979
		20	0.004	-0.008	5.4454	0.988
		21	-0.084	-0.083	6.7298	0.978
		22	-0.067	-0.080	7.5581	0.975
		23	-0.081	-0.093	8.7644	0.965
		24	-0.043	-0.073	9.1083	0.972
		25	-0.003	-0.012	9.1102	0.982
		26	-0.012	-0.024	9.1358	0.988
		27	-0.054	-0.047	9.6989	0.989
		28	-0.037	-0.033	9.9677	0.991
		29	-0.078	-0.082	11.146	0.988
		30	-0.052	-0.069	11.683	0.989
		31	-0.048	-0.052	12.143	0.990
		32	0.016	-0.002	12.191	0.994
		33	-0.042	-0.035	12.553	0.995
		34	0.009	0.022	12.568	0.997
		35	0.078	0.103	13.799	0.995
		36	-0.006	0.006	13.807	0.997
		37	-0.024	0.009	13.921	0.998
		38	-0.061	-0.055	14.690	0.998
		39	-0.111	-0.136	17.282	0.992
		40	0.005	-0.010	17.288	0.995
		41	-0.043	-0.073	17.676	0.996
		42	-0.005	-0.041	17.682	0.997
		43	-0.016	-0.017	17.735	0.998
		44	0.069	0.031	18.780	0.997
		45	-0.022	-0.047	18.889	0.998
		46	-0.003	-0.027	18.891	0.999
		47	-0.006	-0.037	18.899	0.999
		48	0.080	0.027	20.372	0.999
		49	0.016	0.021	20.430	0.999
		50	0.099	0.081	22.731	0.998
		51	-0.074	-0.073	24.026	0.997
		52	0.027	-0.007	24.199	0.998
		53	0.016	0.004	24.260	0.998
		54	-0.047	-0.119	24.803	0.998
		55	-0.035	-0.045	25.100	0.999
		56	0.003	-0.038	25.101	0.999
		57	0.121	0.102	28.722	0.996
		58	-0.129	-0.139	32.919	0.986
		59	-0.074	-0.109	34.320	0.983
		60	0.168	0.108	41.540	0.910
		61	0.048	-0.038	42.141	0.915
		62	-0.010	-0.028	42.169	0.929
		63	0.008	0.008	42.185	0.941
		64	-0.021	-0.054	42.302	0.950

Correlograma II.  
Regresión 6 ARIMAX 1990:01 2006:02

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.025	-0.025	0.1252	
		2	-0.040	-0.041	0.4357	
■	■	3	-0.099	-0.101	2.3508	
■	■	4	0.068	0.062	3.2658	
		5	0.039	0.034	3.5588	0.059
		6	0.013	0.011	3.5939	0.166
		7	-0.022	-0.006	3.6901	0.297
		8	0.006	0.010	3.6983	0.448
		9	-0.024	-0.028	3.8182	0.576
■	■	10	0.085	0.080	5.2805	0.508
		11	0.007	0.012	5.2898	0.625
		12	-0.019	-0.017	5.3600	0.718
		13	0.037	0.057	5.6453	0.775
		14	0.032	0.027	5.8613	0.827
		15	-0.015	-0.021	5.9100	0.879
		16	-0.025	-0.016	6.0452	0.914
		17	-0.034	-0.034	6.2893	0.935
		18	-0.023	-0.040	6.4017	0.955
■	■	19	-0.050	-0.057	6.9378	0.959
■	■	20	-0.028	-0.043	7.1082	0.971
■	■	21	-0.043	-0.054	7.4992	0.976
■	■	22	-0.043	-0.050	7.9004	0.980
■	■	23	-0.072	-0.086	9.0457	0.973
■	■	24	-0.072	-0.095	10.184	0.965
		25	0.023	0.012	10.301	0.975
		26	0.018	0.005	10.371	0.983
		27	-0.035	-0.037	10.649	0.986
		28	-0.053	-0.034	11.285	0.987
■	■	29	-0.093	-0.087	13.239	0.973
■	■	30	-0.047	-0.065	13.748	0.976
■	■	31	-0.034	-0.048	14.011	0.981
■	■	32	0.010	-0.002	14.033	0.987
■	■	33	-0.049	-0.043	14.580	0.988
■	■	34	0.009	0.025	14.600	0.992
■	■	35	0.099	0.111	16.909	0.981
■	■	36	0.105	0.114	19.507	0.959
■	■	37	-0.076	-0.038	20.894	0.950
■	■	38	-0.065	-0.046	21.908	0.946
■	■	39	-0.091	-0.109	23.928	0.921
■	■	40	-0.004	-0.069	23.932	0.938
■	■	41	-0.038	-0.079	24.282	0.947
■	■	42	-0.040	-0.083	24.674	0.953
■	■	43	-0.049	-0.069	25.279	0.956
■	■	44	0.030	0.000	25.500	0.964
■	■	45	0.009	-0.039	25.518	0.972
■	■	46	0.001	-0.059	25.519	0.979
■	■	47	0.017	-0.003	25.590	0.984
■	■	48	-0.021	-0.072	25.708	0.987
■	■	49	0.053	0.010	26.442	0.988
■	■	50	0.119	0.112	30.122	0.966
■	■	51	-0.075	-0.086	31.585	0.959
■	■	52	-0.024	-0.022	31.731	0.966
■	■	53	-0.035	-0.030	32.057	0.971
■	■	54	-0.059	-0.128	32.976	0.970
■	■	55	-0.022	-0.057	33.109	0.975
■	■	56	-0.036	-0.064	33.456	0.979
■	■	57	0.121	0.080	37.463	0.948
■	■	58	-0.120	-0.144	41.429	0.895
■	■	59	-0.086	-0.134	43.506	0.868
■	■	60	0.096	0.015	46.094	0.825
■	■	61	0.047	-0.078	46.719	0.833
■	■	62	0.038	-0.037	47.127	0.846
■	■	63	0.046	0.029	47.739	0.853
■	■	64	-0.006	-0.002	47.748	0.874

Correlograma 12.  
Regresión 7 ARIMA 1990:01 2006:03

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	0.074	0.074	0.8859	
		2	-0.074	-0.080	1.7688	
		3	-0.044	-0.032	2.0812	
		4	-0.005	-0.005	2.0853	0.149
		5	-0.042	-0.048	2.3807	0.304
		6	0.024	0.029	2.4768	0.480
		7	0.012	0.001	2.5023	0.644
		8	0.001	0.000	2.5025	0.776
		9	-0.031	-0.028	2.6625	0.850
		10	0.047	0.051	3.0351	0.882
		11	-0.006	-0.016	3.0419	0.932
		12	0.031	0.038	3.2065	0.956
		13	0.027	0.024	3.3348	0.972
		14	0.000	-0.003	3.3348	0.986
		15	-0.007	0.006	3.3445	0.993
		16	0.005	0.004	3.3495	0.996
		17	-0.002	0.000	3.3505	0.998
		18	0.003	0.004	3.3526	0.999
		19	-0.019	-0.019	3.4206	1.000
		20	-0.014	-0.015	3.4560	1.000
		21	-0.072	-0.070	4.4038	1.000
		22	-0.071	-0.068	5.3423	0.999
		23	-0.094	-0.100	6.9829	0.997
		24	-0.051	-0.059	7.4666	0.997
		25	0.006	-0.011	7.4729	0.998
		26	-0.008	-0.034	7.4853	0.999
		27	-0.052	-0.060	8.0026	0.999
		28	-0.048	-0.055	8.4475	0.999
		29	-0.084	-0.093	9.8398	0.998
		30	-0.073	-0.082	10.881	0.997
		31	-0.056	-0.072	11.496	0.998
		32	0.024	0.002	11.615	0.998
		33	-0.018	-0.039	11.683	0.999
		34	0.040	0.043	12.003	0.999
		35	0.104	0.105	14.216	0.997
		36	-0.002	-0.001	14.216	0.998
		37	-0.088	-0.056	15.831	0.997
		38	-0.082	-0.071	17.237	0.995
		39	-0.107	-0.109	19.672	0.988
		40	-0.023	-0.027	19.784	0.991
		41	-0.039	-0.069	20.112	0.992
		42	-0.009	-0.041	20.130	0.995
		43	0.001	-0.024	20.131	0.996
		44	0.057	0.022	20.852	0.996
		45	-0.010	-0.060	20.876	0.997
		46	-0.010	-0.044	20.898	0.998
		47	0.016	-0.025	20.958	0.999
		48	0.063	0.018	21.864	0.999
		49	0.040	0.021	22.240	0.999
		50	0.100	0.076	24.594	0.997
		51	-0.052	-0.085	25.240	0.997
		52	0.013	0.003	25.280	0.998
		53	0.004	-0.029	25.284	0.999
		54	-0.047	-0.090	25.824	0.999
		55	-0.038	-0.049	26.172	0.999
		56	-0.003	-0.040	26.174	0.999
		57	0.114	0.105	29.413	0.997
		58	-0.118	-0.175	32.915	0.992
		59	-0.066	-0.090	34.013	0.991
		60	0.185	0.101	42.779	0.919
		61	0.054	-0.047	43.524	0.921
		62	-0.007	-0.038	43.538	0.934
		63	0.008	-0.022	43.557	0.946
		64	-0.026	-0.045	43.734	0.953



Correlograma 13.  
Regresión 8 ARIMAX 1990:01 2006:03

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.025	-0.025	0.1171	
		2	-0.051	-0.052	0.6201	
		3	-0.071	-0.074	1.6123	
		4	-0.121	-0.129	4.4739	
		5	-0.078	-0.096	5.6620	0.053
		6	-0.003	-0.031	5.6635	0.059
		7	-0.016	-0.049	5.7120	0.126
		8	0.000	-0.037	5.7120	0.222
		9	-0.042	-0.076	6.0604	0.300
		10	0.077	0.052	7.2494	0.298
		11	0.016	0.000	7.2984	0.398
		12	-0.009	-0.020	7.3142	0.503
		13	0.056	0.051	7.9648	0.538
		14	0.032	0.046	8.1780	0.611
		15	-0.013	0.010	8.2129	0.694
		16	-0.009	0.004	8.2306	0.767
		17	-0.021	0.002	8.3234	0.822
		18	-0.015	0.005	8.3681	0.869
		19	-0.024	-0.012	8.4958	0.902
		20	-0.010	-0.017	8.5191	0.932
		21	-0.039	-0.049	8.8406	0.945
		22	-0.028	-0.037	9.0147	0.959
		23	-0.044	-0.072	9.4342	0.966
		24	-0.038	-0.080	9.7554	0.972
		25	0.064	0.026	10.662	0.969
		26	0.050	0.015	11.214	0.972
		27	-0.009	-0.039	11.233	0.981
		28	-0.027	-0.050	11.394	0.986
		29	-0.079	-0.085	12.817	0.979
		30	-0.066	-0.078	13.808	0.975
		31	-0.055	-0.088	14.497	0.976
		32	0.016	-0.031	14.560	0.983
		33	-0.002	-0.052	14.561	0.988
		34	0.052	0.019	15.202	0.989
		35	0.142	0.119	19.917	0.938
		36	0.120	0.134	23.330	0.868
		37	-0.057	-0.010	24.114	0.870
		38	-0.051	-0.012	24.731	0.878
		39	-0.107	-0.066	27.488	0.813
		40	-0.042	-0.016	27.915	0.830
		41	-0.033	-0.038	28.178	0.851
		42	-0.027	-0.064	28.358	0.872
		43	-0.027	-0.065	28.545	0.891
		44	0.044	0.010	29.033	0.900
		45	-0.006	-0.058	29.043	0.919
		46	0.000	-0.078	29.043	0.935
		47	0.052	0.004	29.728	0.938
		48	-0.015	-0.064	29.783	0.950
		49	0.064	0.028	30.843	0.947
		50	0.134	0.126	35.552	0.867
		51	-0.073	-0.061	36.968	0.853
		52	-0.030	-0.017	37.204	0.870
		53	-0.048	-0.022	37.806	0.877
		54	-0.056	-0.042	38.650	0.878
		55	-0.026	-0.025	38.834	0.894
		56	-0.050	-0.057	39.512	0.898
		57	0.120	0.111	43.466	0.822
		58	-0.123	-0.141	47.675	0.715
		59	-0.092	-0.136	50.038	0.664
		60	0.110	0.005	53.403	0.574
		61	0.017	-0.063	53.488	0.608
		62	0.030	-0.044	53.746	0.634
		63	0.064	-0.002	54.936	0.626
		64	-0.011	0.016	54.973	0.659

Correlograma 14.  
Regresión 9 ARIMA 1990:01 2006:04

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	0.075	0.075	0.8998	
		2	-0.074	-0.080	1.7965	
		3	-0.044	-0.032	2.1127	
		4	-0.004	-0.004	2.1156	0.146
		5	-0.042	-0.048	2.4090	0.300
		6	0.023	0.028	2.4973	0.476
		7	0.012	0.001	2.5233	0.640
		8	0.002	0.001	2.5240	0.773
		9	-0.033	-0.031	2.7082	0.844
		10	0.047	0.052	3.0874	0.877
		11	-0.005	-0.016	3.0923	0.928
		12	0.032	0.039	3.2666	0.953
		13	0.026	0.023	3.3876	0.971
		14	0.000	-0.003	3.3876	0.985
		15	-0.008	0.005	3.3992	0.992
		16	0.004	0.003	3.4015	0.996
		17	-0.003	-0.001	3.4033	0.998
		18	0.004	0.004	3.4056	0.999
		19	-0.020	-0.019	3.4756	1.000
		20	-0.015	-0.016	3.5150	1.000
		21	-0.072	-0.070	4.4766	0.999
		22	-0.072	-0.069	5.4429	0.999
		23	-0.094	-0.101	7.1147	0.996
		24	-0.050	-0.058	7.5810	0.997
		25	0.005	-0.012	7.5859	0.998
		26	-0.009	-0.034	7.6009	0.999
		27	-0.052	-0.060	8.1265	0.999
		28	-0.048	-0.055	8.5700	0.999
		29	-0.085	-0.093	9.9795	0.998
		30	-0.072	-0.082	11.015	0.997
		31	-0.056	-0.072	11.633	0.997
		32	0.024	0.001	11.747	0.998
		33	-0.019	-0.039	11.818	0.999
		34	0.039	0.042	12.134	0.999
		35	0.104	0.104	14.353	0.997
		36	0.002	0.003	14.354	0.998
		37	-0.088	-0.057	15.960	0.996
		38	-0.082	-0.071	17.372	0.994
		39	-0.107	-0.109	19.799	0.987
		40	-0.022	-0.026	19.904	0.990
		41	-0.040	-0.070	20.245	0.992
		42	-0.008	-0.041	20.261	0.994
		43	0.001	-0.025	20.261	0.996
		44	0.058	0.022	20.994	0.996
		45	-0.010	-0.061	21.018	0.997
		46	-0.010	-0.046	21.038	0.998
		47	0.016	-0.026	21.097	0.999
		48	0.063	0.017	22.016	0.998
		49	0.041	0.020	22.398	0.999
		50	0.100	0.075	24.725	0.997
		51	-0.052	-0.085	25.368	0.997
		52	0.014	0.003	25.414	0.998
		53	0.004	-0.029	25.418	0.999
		54	-0.048	-0.092	25.973	0.999
		55	-0.037	-0.049	26.311	0.999
		56	-0.003	-0.041	26.313	0.999
		57	0.114	0.106	29.578	0.997
		58	-0.117	-0.175	33.059	0.992
		59	-0.066	-0.091	34.182	0.991
		60	0.183	0.099	42.868	0.917
		61	0.054	-0.047	43.632	0.919
		62	-0.006	-0.038	43.642	0.933
		63	0.009	-0.022	43.664	0.944
		64	-0.025	-0.045	43.835	0.952

Correlograma 15.  
Regresión 10 ARIMAX 1990:01 2006:04

Autocorrelación	Correlación Parcial	AC	CP	Est. Q	Prob.	
		1	-0.028	-0.028	0.1139	
		2	-0.050	-0.051	0.4895	
		3	-0.080	-0.083	1.4414	
		4	-0.123	-0.132	3.6989	
		5	-0.089	-0.111	4.9095	
		6	-0.015	-0.049	4.9448	0.051
		7	-0.056	-0.099	5.4316	0.066
		8	0.010	-0.041	5.4461	0.142
		9	-0.012	-0.061	5.4673	0.243
		10	0.097	0.058	6.9398	0.225
		11	0.051	0.027	7.3584	0.289
		12	-0.036	-0.047	7.5592	0.373
		13	0.065	0.070	8.2333	0.411
		14	0.030	0.054	8.3742	0.497
		15	-0.024	0.012	8.4648	0.584
		16	-0.002	0.020	8.4656	0.671
		17	-0.051	-0.017	8.9025	0.711
		18	-0.056	-0.031	9.4222	0.740
		19	-0.054	-0.058	9.9190	0.768
		20	-0.017	-0.036	9.9666	0.822
		21	-0.014	-0.054	10.002	0.867
		22	0.022	-0.015	10.085	0.900
		23	0.005	-0.044	10.088	0.929
		24	-0.001	-0.058	10.088	0.951
		25	0.051	0.024	10.545	0.957
		26	0.040	0.020	10.824	0.966
		27	-0.056	-0.065	11.387	0.969
		28	-0.045	-0.047	11.756	0.974
		29	-0.099	-0.099	13.562	0.956
		30	-0.068	-0.087	14.411	0.954
		31	-0.082	-0.133	15.666	0.944
		32	0.000	-0.073	15.666	0.959
		33	-0.029	-0.121	15.829	0.968
		34	0.123	0.037	18.736	0.928
		35	0.161	0.101	23.714	0.785
		36	0.140	0.120	27.534	0.645
		37	-0.086	-0.047	29.001	0.619
		38	-0.048	-0.006	29.463	0.644
		39	-0.123	-0.076	32.502	0.541
		40	-0.063	-0.042	33.308	0.550
		41	-0.044	-0.055	33.711	0.578
		42	-0.030	-0.073	33.893	0.615
		43	-0.014	-0.056	33.933	0.658
		44	0.047	-0.020	34.400	0.680
		45	0.003	-0.085	34.402	0.720
		46	0.072	-0.019	35.526	0.712
		47	0.082	0.042	36.999	0.690
		48	0.016	-0.025	37.054	0.726
		49	0.047	0.014	37.545	0.743
		50	-0.037	-0.044	37.856	0.766
		51	-0.020	-0.016	37.945	0.795
		52	-0.003	0.010	37.947	0.824
		53	-0.042	-0.006	38.357	0.839
		54	-0.082	-0.089	39.913	0.819
		55	-0.027	-0.047	40.086	0.841
		56	-0.042	-0.097	40.504	0.854
		57	0.173	0.097	47.732	0.642
		58	-0.066	-0.148	48.805	0.638
		59	-0.014	-0.104	48.855	0.673
		60	0.135	0.036	53.388	0.536
		61	-0.002	-0.051	53.388	0.574
		62	-0.009	-0.058	53.407	0.611
		63	-0.033	-0.058	53.695	0.636
		64	-0.086	-0.060	55.651	0.600

## RESULTADOS DE LA PRUEBA DE THEIL

ENERO	
ARIMA1	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2005:12
Muestra ajustada:	1993:03 2005:12
Observaciones incluidas:	154
Coefficiente de Theil	0.271548
Sesgo	0.003093
Varianza	0.076443
Covarianza	0.920464
Fuente: Elaboración propia	

FEBRERO	
ARIMA2	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:01
Muestra ajustada:	1993:03 2006:01
Observaciones incluidas:	155
Coefficiente de Theil	0.275098
Sesgo	0.002699
Varianza	0.077912
Covarianza	0.919388
Fuente: Elaboración propia	

MARZO	
ARIMA3	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:02
Muestra ajustada:	1993:03 2006:02
Observaciones incluidas:	156
Coefficiente de Theil	0.274845
Sesgo	0.000515
Varianza	0.072362
Covarianza	0.927123
Fuente: Elaboración propia	

ABRIL	
ARIMA4	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:03
Muestra ajustada:	1993:03 2006:03
Observaciones incluidas:	157
Coefficiente de Theil	0.267521
Sesgo	0.000134
Varianza	0.033782
Covarianza	0.966084
Fuente: Elaboración propia	

MAYO	
ARIMA5	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:04
Muestra ajustada:	1993:03 2006:04
Observaciones incluidas:	158
Coefficiente de Theil	0.267079
Sesgo	0.000055
Varianza	0.033444
Covarianza	0.966501
Fuente: Elaboración propia	

ENERO	
ARIMAX1	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2005:12
Muestra ajustada:	1990:05 2005:12
Observaciones incluidas:	188
Coefficiente de Theil	0.27985
Sesgo	0.00134
Varianza	0.098376
Covarianza	0.900284
Fuente: Elaboración propia	

FEBRERO	
ARIMAX2	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:01
Muestra ajustada:	1990:05 2006:01
Observaciones incluidas:	189
Coefficiente de Theil	0.279749
Sesgo	0.000873
Varianza	0.10902
Covarianza	0.890107
Fuente: Elaboración propia	

MARZO	
ARIMAX3	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:02
Muestra ajustada:	1990:05 2006:02
Observaciones incluidas:	190
Coefficiente de Theil	0.279693
Sesgo	0.001346
Varianza	0.096725
Covarianza	0.901929
Fuente: Elaboración propia	

ABRIL	
ARIMAX4	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:03
Muestra ajustada:	1990:06 2006:03
Observaciones incluidas:	190
Coefficiente de Theil	0.282302
Sesgo	0.000023
Varianza	0.102444
Covarianza	0.897533
Fuente: Elaboración propia	

MAYO	
ARIMAX5	
Previsión: PETROLPRODE	
Actual: D(LOGPETROLPROD,2)	
Muestra de la Previsión:	1990:01 2006:04
Muestra ajustada:	1994:05 2006:04
Observaciones incluidas:	144
Coefficiente de Theil	0.272319
Sesgo	0.001309
Varianza	0.108493
Covarianza	0.890198
Fuente: Elaboración propia	

## BIBLIOGRAFIA

1. Bowerman, Bruce L. y O'Connell, Richard T. (1979), *Time series and forecasting : An applied approach*, North scituate, Duxbury.
2. Box, George E.P. And Jenkins Gwilym M. (1976), *Time series analysis forecasting and control*, Holden-day, San Francisco.
3. Brillinger, David R. (1981), *Time series : Data analysis and theory*, Holden day, San Francisco, California.
4. Caridad y Ocerin, Jose Maria (1998), *Modelos econométricos multiecuacionales, prediccion economica y series temporales*, Reverte, Barcelona ; México.
5. Chatfield, Christopher (1975), *The analysis of time series : Teory and practice*, Chapman and Hall, London.
6. Chatfield, Christopher (1980), *The analysis of time series : An introduction*, Chapman and Hall, London.
7. Granger, Clive William John (1977), *Forecasting economic time serie*, Academic Press, New york.
8. Greene William H. (1999), *Análisis Económico*, Pearson Educación, España.
9. Guerrero, Victor Manuel (1991), *Analisis estadístico de series de tiempo economicas*, Universidad Autonoma Metropolitana, México.
10. Guerrero, Victor Manuel (1999), *Desestacionalización de series de tiempo económicas*, Banco de México, Subdirección de Investigación Económica, México.
11. Gujarati Damodar N. (2003), *Econometría*, Mc Graw Hill, México.
12. Hannan, Edward James (1960), *Time series analysis*, Chapman and Hall, London.
13. Herschel, Federico Julio (1978), *Introduccion a la prediccion economica*, Fondo de Cultura Economica, México.
14. Hoff, John C. (1983), *A practical guide to box - jenkins forecasting*, Lifetime learning, Belmont, California.
15. Intriligator Michael D. (1990), *Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones*, Fondo de Cultura Económica, México.
16. Kennedy Peter (2003), *A guide to econometrics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
17. Ludlow-Wiechers, Jorge (1999), *Econometria, modelos y pronosticos*, Universidad Autonoma Metropolitana-Azcapotzalco, México.

18. Maddala and In-Moo Kim (1998), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press.
19. Maddala G.S. (1988), *Econometría*, Mc Graw Hill, México.
20. Maddala G.S. (1992), *Introduction to Econometrics*, Macmillan Publishing Company, Estados Unidos de América.
21. Manzo Yépez José Luis (1996), *¿Que hacer con PEMEX? una alternativa de privatización*, Editorial Grijalbo, México
22. Nava P., F. Alejandro (2002), *Procesamiento de series de tiempo*, Fondo de cultura Económica, México.
23. Nerlove, Marc (1979), *Analysis of economic time series : A synthesis*, Academic, New york.
24. Pulido San Román, Antonio (1987), *Modelos Econométricos*. Madrid : Pirámide
25. Spencer, Milton H (1965), *Pronostico de los negocios y economico sic enfoque econometrico*, Uteha, México.
26. Theil, Henri, (1961), *Economic forecasts and policy*, North-holland, Amsterdam.
27. <http://www.sie.energia.gob.mx>