



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

**El Índice Nacional de Precios al Consumidor, un análisis
econométrico**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Maestra en Finanzas

Presenta:

Angélica María Godínez Chaparro

Tutor:

M.F. José Alberto Reyes de la Rosa
Facultad de Administración y Contaduría

México, D. F., mayo de 2015



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.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

Juan, Esther, Beto y Bety Por todo el amor y apoyo brindado en mi crecimiento personal y profesional.

A mi Tutor :

M. F. José Alberto Reyes de la Rosa

Por el apoyo brindado en la elaboración de esta tesis y por enfocar sus esfuerzos en las aulas del saber formando alumnos con valores profesionales.



INDICE

INTRODUCCION	1
<i>Planteamiento</i>	1
<i>Justificación</i>	1
<i>Objetivo</i>	2
<i>Preguntas</i>	4
<i>Hipótesis</i>	4
MARCO TEORICO	5
1.1 <i>La Inflación Como Objeto de Estudio</i>	5
1.2 <i>Cálculo y Construcción de la Inflación, INPC</i>	9
1.3 <i>La inflación, política monetaria y fiscal como herramienta para su control</i>	15
1.4 <i>Prioridades Gubernamentales por Sexenios</i>	18
1.5 <i>Variables que afectan la Inflación</i>	21
1.6 <i>La Inflación (INPC), durante un periodo de crisis (2008-2009)</i>	29
1.7 <i>Fundamentos Teóricos</i>	33
Definición 1.	36
Definición 2.	37
Definición 3.	37
1.7.1 <i>Modelo AR(p)</i>	38
1.7.2 <i>Modelo MA(q)</i>	40
1.7.3 <i>Modelo ARMA(p,q)</i>	42
1.7.4 <i>Modelo ARIMA(p,d,q)</i>	43
1.7.5 <i>Modelo ARCH(q)</i>	48
1.8.1 <i>Estimación</i>	50
1.8.2 <i>Pronóstico</i>	53
1.9 <i>Modelo GARCH</i>	53
1.10 <i>Modelo TARCh</i>	55
1.11 <i>Modelo EGARCH</i>	55
METODOLOGIA	57
2.1 <i>Herramientas Estadísticas para la Identificación de Modelos</i>	57
2.2 <i>Aplicación del Modelo</i>	65
2.2 <i>Aplicación del Modelo ARIMA</i>	69
2.2 <i>Aplicación del Modelo de la familia ARCH</i>	74
RESULTADOS	78
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFIA	87



APENDICE	93
<i>APENDICE A</i>	93
<i>APENDICE B</i>	102



INTRODUCCION

Planteamiento

El Banco de México define al Índice Nacional de Precios al Consumidor¹, como un instrumento estadístico para medir la inflación en la economía mexicana, entendiéndose por inflación a las variaciones continuas y generalizadas que ocurren a través del tiempo, de los precios de una canasta ponderada de bienes y servicios que se considera representativa de los hábitos de consumo de la generalidad de las familias del país. En México se han presentado grandes periodos inflacionarios de los más recientes son los ubicados en las crisis de 1994 y 2009.

Justificación

En la economía es importante conocer las expectativas a cerca de la Inflación ya que permite realizar la planeación financiera en las familias, empresas y en la estructura gubernamental por lo que es importante tener pronósticos adecuados que minimicen errores costosos, en la presente tesis se aborda el problema de pronósticos para la especulación con herramientas econométricas.

Las decisiones en empresas y en las familias para producir trabajar prestar o pedir prestado se basan en los pronósticos de la inflación, los errores de pronóstico en la inflación son costosos y para minimizar los errores de pronóstico en la inflación es necesario utilizar todas las herramientas posibles que mejor expliquen la variable de estudio, en este caso modelos que capturen la volatilidad variable en el periodo de estudio.

¹ En el Marco Teórico se explica la metodología del cálculo del INPC.



Objetivo

El objetivo de esta tesis es el análisis empírico de la varianza condicional de los datos de la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de México durante el periodo de enero de 2007 a 2014, mediante el uso de modelos ARIMA y modelos autorregresivos condicionalmente heterocedásticos, modelos de la familia ARCH y algunas de sus extensiones no lineales (TARCH, EGARCH). La información utilizada para el análisis proviene de las estadísticas publicadas por el Instituto Nacional Estadística Geografía (Banco de Información Estadística). Cabe Mencionar que ya se han realizado trabajos en los que se estudia la volatilidad en la inflación haciendo uso de modelos ARIMA y de la familia ARCH, en las tesis La Política Monetaria de Objetivos de Inflación en México ², Modelos de Varianza Condicional para Estimar el Valor en Riesgo del Mercado³ y se ha estudiado a las series de tiempo con fines predictivos en el documento Introducción a los Modelos Autorregresivos con Heterocedasticidad Condicional (ARCH) ⁴.

Los objetivos particulares de ésta tesis se mencionan a continuación:

- Describir el uso de los modelos más usados en econometría con propósitos de pronóstico.
- Probar la existencia de volatilidad variable en el periodo de estudio.
- Ajustar modelos con heterocedasticidad condicionada en el periodo de estudio que permitan modelar la serie capturando dicha heterocedasticidad condicionada.

²Tesis: “La política Monetaria de Objetivos de Inflación en México”, Que para Obtener el grado de Doctor en Economía Presenta: Domingo Rodríguez Benavides.

³Tesis: “Modelos de Varianza Condicional para Estimar el Valor en riesgo del Mercado”, Que para Obtener el grado de Maestro en Ingeniería Presenta: Víctor Membrillo Zarco.

⁴Rafael de Arce. I. L. Klein, diciembre de 1998. Documento para el Programa de Doctorado en Modelización Económica del Instituto LR Klein.



- Dar un pronóstico utilizando los modelos óptimos, ARIMA ajustado y el modelo ARCH con heterocedasticidad condicionada que cumplan todos los supuestos estadísticos.

El periodo de estudio para realizar el análisis de la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) comprende desde el año 2007 al año 2014, ya que para fines de modelación entre más datos sean considerados en la serie de tiempo INPC, el modelo será más consistente, debido a que desde el enfoque financiero los datos son más consistentes y por lo tanto el pronóstico obtenido a partir del modelo será más adecuado.

El periodo de estudio corresponde y contiene a un periodo de crisis económica en México (2008-2009), durante el cual se presentó la peor recesión económica de éste país en setenta años, relacionada directamente de manera simultánea con la crisis ocurrida en varios países alrededor del mundo⁵.

En el Marco Teórico se describirán las condiciones financieras y económicas por las que atravesaba México durante la crisis de 2008-2009, periodo en el cual México vivió una crisis financiera, y como anteriormente se mencionó en la hipótesis de ésta tesis se desea probar la existencia de volatilidad variable en el periodo de estudio 2007-2014, un periodo que contiene una crisis financiera 2008-2009, pues en el caso de que se pruebe la existencia de volatilidad en la serie de tiempo INPC se ajustará un modelo de la familia ARCH que cumpla con todos los supuestos estadísticos para pronosticar la serie un periodo y tres periodos hacia adelante.

⁵Esta crisis puede considerarse como la más amplia y aguda que ha ocurrido desde la Segunda Guerra Mundial.



Preguntas

Como apoyo en la investigación de éste trabajo nos planteamos las siguientes preguntas:

- ¿El Índice Nacional de Precios al Consumidor de México presenta volatilidad variable en el periodo de estudio?
- ¿Qué modelo se ajusta más para la obtención de un pronóstico, un modelo ARIMA que no captura la volatilidad variable en el periodo de estudio o un modelo ARCH que captura la volatilidad variable en el periodo de estudio?

Basados en nuestras preguntas de apoyo ahora planteamos la hipótesis:

Hipótesis

Existe la presencia de volatilidad variable a lo largo del periodo de estudio (crisis financiera, 2008-2009) en la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al consumidor.

En esta tesis además de hacer el análisis empírico de la varianza condicional de los datos de la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), se presentan a los modelos ARCH como una herramienta para pronosticar series de tiempo que exhiben la característica de volatilidad variable a lo largo del periodo de estudio.



MARCO TEORICO

En éste capítulo se define el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), la Inflación y se desarrolla el contexto de la Inflación en México, su cálculo, construcción, su uso como herramienta de política monetaria y su interacción con las variables de las que depende, además se establecen las bases teóricas para el desarrollo de la tesis ya que como se menciona en la Introducción se desea probar la existencia de volatilidad variable a lo largo del periodo de estudio en la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al Consumidor y abordar el problema con herramientas econométricas.

1.1 La Inflación Como Objeto de Estudio

La inflación es un problema muy antiguo y a la vez uno muy nuevo ya que a lo largo de la historia se han observado muchos periodos inflacionarios, desde el siglo cuarto después de Cristo en Roma Diocleciano trató de controlar la inflación, en Europa entre 1150 y 1325 el costo de la vida se cuadruplicó y más tarde entre el 1520 y 1650 los precios se duplicaron y se cuadruplicaron originado en parte por el oro que llegaba del Nuevo Mundo. Históricamente la inflación es tan antigua como las economías del mercado.

La inflación ocurre cuando sube el nivel general de precios. En la actualidad se calcula mediante índices de precios, promedios ponderados de los precios de miles de productos individuales. El Índice de Precios al Consumidor (IPC) mide el costo de una canasta de bienes y servicios de consumo a precios del mercado respecto a el costo de dicha canasta en una año base determinado.

El Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), es el índice general de precios más popular porque relaciona directamente lo que los consumidores



pagan por los bienes que compran. Los cambios en el INPC son una medida de la inflación, que es el proceso de los precios al alza, es decir, si se presenta un aumento del 10% durante un año en el INPC al final del año el precio de la canasta de bienes y servicios incluidos en el INPC habrá aumentado el 10% por encima de su valor al inicio del año. El Índice Nacional de Precios al Consumidor tiene diversos usos, entre ellos se destacan la medición de la Inflación en el país, es utilizado como determinante del valor de la Unidad de Inversión (UDI), como referencia para negociaciones contractuales, en la actualización de valores nominales y como deflactor en el Sistema de Cuentas Nacionales, etcétera.

Existen tres variedades de la Inflación. La baja inflación, la cual se caracteriza porque los precios suben con lentitud y de manera predecible. La inflación galopante, es aquella que se encuentra en los límites de dobles o triples dígitos tales como 100% o 200% anual y se califica como inflación muy alta. La hiperinflación, ocurre cuando los precios suben un millón o incluso un billón por ciento al año. La inflación conlleva a impactos económicos ya que en los periodos donde se observa inflación se presentan cambios en los precios relativos, de los cuales se derivan dos efectos en la inflación:

- El primer efecto que se observa es una redistribución en el ingreso y la riqueza.
- El segundo efecto que se presenta son las distorsiones en los precios relativos y en la producción de diferentes bienes.

Además, la inflación tiene impactos en los ingresos y en la distribución de la riqueza por las diferencias que existen en los activos y pasivos de la población, en general no existen grandes redistribuciones del ingreso y de la riqueza una vez que la tasa de interés se ha incorporado a la tasa de inflación. La inflación principalmente crea trastornos en los ingresos y activos cuando de manera



aleatoria se distribuye la riqueza en la población.

La inflación, además de provocar impactos en los ingresos y en la distribución de la riqueza genera impactos en la eficiencia económica porque distorsiona los precios y las señales que éstos emiten. La inflación, también distorsiona el uso del dinero debido a que el circulante es dinero que por definición tiene una tasa de interés nominal igual a cero y si la tasa de inflación sube entonces la tasa de interés real cae.

La inflación se puede presentar de manera persistente, además se acompaña de niveles importantes en el desempleo, sin embargo también se ha estudiado que la persistencia de un desempleo masivo, no es suficiente para llevar la inflación hasta cero. Siempre se creyó que la inflación desaparecería si se aceptaba una modesta cantidad de desempleo, sin embargo no es así pues la recesión y la inflación pueden existir juntas en una condición que se conoce como estanflación (estancamiento más inflación). La estanflación se ha estudiado con la curva de Phillips, donde se estudió la correlación (mientras menor es el desempleo, mayor es la inflación ó viceversa) existente entre la inflación y la tasa de desempleo.

En la inflación ocurre que el poder adquisitivo de una persona o grupo de personas siempre queda compensada por el aumento en el poder adquisitivo de una persona o en general de un grupo de personas, este fenómeno ocurre debido a que cada aumento en los precios, siempre crea un aumento en los ingresos, es por ello que en general el beneficio ocurre en una persona o un grupo de personas que se encuentran estratégicamente bien ubicadas reflejando la situación de que los precios más altos siempre significan ingresos promedio más altos para alguien más en el sistema. Por lo que se considera que la inflación es un juego de suma cero, donde se de la redistribución, es decir, uno gana lo que el otro pierde y viceversa.



La inflación tiene un efecto de ilusión en el dinero, un costo imaginario que produce la inflación es que está haciendo estragos en nuestro nivel real de vida y ocurre por nuestra tendencia a medir el bienestar real por el número de pesos mexicanos que se reciben y no por el poder adquisitivo, en las políticas económicas del país y la seguridad social se busca hacer mejoras para poder mantener el poder adquisitivo en la población.

Entre los problemas que presenta la inflación es que tiene tendencias a acelerarse, en la mayor parte del mundo se observa un patrón de inflación irregular, es indudable que la inflación presenta el riesgo de desbocarse, es decir, acelerar su ritmo hasta que el valor del dinero sea igual a cero teniendo como resultado un desplome social y económico. La inflación perjudica el valor de los activos monetarios tales como las cuentas de ahorro, las pólizas de seguros, los bonos gubernamentales, el valor de las acciones pudiendo cambiar el mercado de valores, entre otros.

En cuestiones económicas, la inflación amenaza la estabilidad financiera ya que produce graves distorsiones en la estructura del crédito del país en cuestión. Como resultado las tasas de interés suben cada vez más con la finalidad de compensar a los bancos por el menor valor de los pesos mexicanos que recibirán, además los bancos sólo otorgan préstamos en el corto plazo con altas tasas de interés.

La inflación impide alcanzar el crecimiento potencial pues el costo real de la inflación es que se utilice todo el poder de producción por miedo a convertir un grado aceptable de inflación en uno peligroso por lo que el costo real de la inflación es el desempleo que se presenta de dos maneras, el desempleo como consecuencia de las tasas de interés y menor inversión y el desempleo que los gobiernos toleren o estimulen de manera deliberada con el fin de evitar que la



inflación empeore o en la esperanza de mejorarla.

Como se observa la inflación es un problema con el que el hombre ha vivido a lo largo de la historia, en particular en ésta tesis se abordará el problema con herramientas econométricas.

1.2 Cálculo y Construcción de la Inflación, INPC.

El objeto principal de ésta sección es explicar los procesos técnicos y operativos que están relacionados con la construcción del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), de México. Actualmente en México el periodo que se utiliza por base es la segunda quincena de junio 2011=100, es decir la base tiene el valor de 100% y es mayor en los años siguientes si se presenta un alza de los precios de la canasta de bienes y servicios que lo componen, además los índices que se calculen posteriormente están referidos al periodo de la base, lo cual modificó la canasta de bienes y servicios considerada, así como sus ponderaciones.

El 16 de Abril de 2008 en el Diario Oficial de la Federación se publicó la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG), la cual contempla la transferencia de responsabilidades en la elaboración y publicación de los índices de precios del Banco de México al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), siendo actualmente el órgano encargado del cálculo a partir de julio de 2011.

El Índice Nacional de Precios al Consumidor tiene cobertura geográfica en todas las poblaciones urbanas del país, la muestra de recopilación incluye 46 ciudades distribuidas en 32 entidades federativas con población mayor a 20,000 habitantes.

El Índice Nacional de Precios al Consumidor que es publicado con periodicidad



mensual, tiene por objeto medir la evolución en el tiempo del nivel general de precios de los bienes y servicios que consumen los hogares urbanos del país. El INPC se elabora dando seguimiento a los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares en un momento dado en el tiempo. En la determinación de la canasta de bienes y servicios del consumo de los hogares se utiliza como fuente principal la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), que realiza en INEGI, a partir de la encuesta ENIGH se construye para el INPC una canasta de bienes y servicios que agrupe el total del gasto en consumo de los hogares urbanos en conceptos representativos y a cada uno se le asigna una ponderación correspondiente al peso que representa en el gasto total.

Conforme a la metodología señalada por el Banco de México, el Índice Nacional de Precios al Consumidor se construye en dos etapas, primero se calculan los índices elementales, es decir los agregados más pequeños para los cuales se dispone de datos del gasto (genéricos) que a su vez se componen de grupos de bienes de bienes y servicios relativamente homogéneos denominados “específicos”.

El cálculo de agregación del índice a nivel elemental, se lleva a cabo mediante una media geométrica

$$I_j^{bt} = \prod \left(\frac{P_i^t}{P_i^b} \right)^{1/n}$$

Donde el Índice del genérico j en el periodo t se define como la media geométrica de los precios relativos de los específicos i , donde $i=1\dots n$ en el periodo t respecto al periodo base b .



Posteriormente en la segunda etapa se procede a promediar los índices elementales para construir índices superiores, los cuales son más elaborados. Los índices superiores se agregan por niveles primero por subíndices y después los subíndices se agrupan para conformar el Índice Nacional de Precios al Consumidor. La agregación a partir de los índices de genéricos se lleva a cabo mediante una media aritmética ponderada (fórmula de Laspeyres). La fórmula de Laspeyres, es recomendada por organismos internacionales para la elaboración de índices de precios. La fórmula de Laspeyres está dada de la siguiente manera

$$Lp = \frac{\sum p_n q_0}{\sum p_0 q_0} \times 100$$

Donde:

p_n = Precio corriente.

p_0 = Precio año base.

q_0 = Cantidad año base.

La fórmula de Laspeyres tiene como característica que la canasta y las ponderaciones son fijas durante el periodo en que esté vigente la base, la base es un periodo que se define y sirve como punto de referencia para comparar en el tiempo las variaciones.

El INPC sigue una media ponderada ya que para una serie de datos $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ a la que le corresponden los pesos $W = \{w_1, w_1, \dots, w_n\}$, es posible calcular la media ponderada como

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

o



$$\bar{x} = \frac{x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

Donde los valores de los pesos $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ indican la importancia que hay que dar a cada uno de los valores que toma X .

En las economías modernas se presenta la constante aparición, modificación y desaparición de productos y servicios, que trae como consecuencia uno de los problemas en la elaboración de índices con canasta fija.

Así, el índice superior se determina de la siguiente forma:

$$I^{bt} = \sum_j W_j^b I_j^{bt} \quad \text{en donde} \quad \sum_j W_j^b = 1$$

Donde W_j^b , es la ponderación del genérico j tomado con información de gasto levantada en el periodo b .

En el caso del Índice Nacional de Precios al Consumidor se hace una ponderación del conjunto de productos de la canasta que lo conforma, de acuerdo al consumo de productos que hagan las familias mexicanas. En México el instituto de estadística encargado de realizar la encuesta para obtener la canasta representativa es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y sus ponderadores se calculan con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), de las familias mexicanas, además se encarga de publicar con una periodicidad mensual el Índice Nacional de Precios al Consumidor.

Los ponderadores que se aplican en México para el Índice Nacional de Precios al



Consumidor según el Banco de México son los mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación INPC: Objeto del Gasto y Clasificación del Consumo Individual de acuerdo a sus Finalidades, Cifras en porciento. Fuente: Banco de México, documento metodológico Índice Nacional de Precios al Consumidor.

INPC por Objeto de Gasto	Ponderación
Índice General	100.00%
Alimentos y bebidas no alcohólicas	18.92%
Bebidas alcohólicas y Tabaco	2.51%
Prendas de Vestir y Calzado	4.88%
Vivienda, Agua, Electricidad, Gas y Otros Combustibles	23.83%
Muebles, artículos para el hogar y para su Conservación	4.80%
Salud	3.33%
Transporte	14.03%
Comunicaciones	3.62%
Recreación y Cultura	3.77%
Educación	5.13%
Restaurantes y Hoteles	9.54%
Bienes y Servicios Diversos	5.64%

Clasificación y Ponderadores CCIF (Clasificación del Consumo Individual por Finalidades). La estructura de ponderación, se obtuvo de los gastos reportados en la ENIGH (2008).

Las fórmulas que actualmente utiliza el INEGI para realizar el cálculo de la inflación son las de interés compuesto. Calcula dos tipos de tasas de inflación porcentuales: la implícita entre cualquiera dos fechas, y la tasa de inflación



porcentual promedio en un periodo, ambas implícitas de un Índice de Precios.

Las fórmulas utilizadas son:

Tasa de inflación porcentual del Índice de Precios I en el periodo (t_0, t_1)

$$i(t_0, t_1) = \left[\frac{I_{t_1}}{I_{t_0}} - 1 \right] * 100$$

Dicha fórmula permite calcular la tasa de inflación porcentual en el periodo (t_0, t_1) , con $(t_0 < t_1)$.

Tasa de inflación promedio del Índice de Precios en el periodo (t_0, t_1)

$$\bar{i}(t_0, t_1) = \left\{ \left[\frac{I_{t_1}}{I_{t_0}} \right]^{\left(\frac{1}{t_1 - t_0} \right)} - 1 \right\} * 100$$

La Tasa de Inflación Porcentual Promedio $\bar{i}(t_0, t_1)$ en el periodo (t_0, t_1) tiene la propiedad de que aplicada al Índice I como una tasa de interés compuesto constante durante $(t_1 - t_0)$ periodos, generaría la misma tasa porcentual de inflación que la observada en todo el intervalo, es en ese contexto que se dice es una tasa promedio.

Donde:

t_0 = Fecha Inicial



t_1 = Fecha Final

I_{t_0} = Valor del Índice de Precios en la fecha Inicial

I_{t_1} = Valor del Índice de Precios en la fecha Final

Para efectos de estudio en ésta tesis se trabajará con la tasa de inflación porcentual del Índice Nacional de Precios al Consumidor.

1.3 La inflación, política monetaria y fiscal como herramienta para su control

Los gobiernos se preocupan por la inflación, en particular en México se han presentado elevadas tasas de inflación de forma recurrente, en la economía mexicana ha sido un problema con costos sociales significativos.

Entre los perjuicios que causa a la sociedad se encuentra el bienestar de la población y su impacto se ve reflejado en el crecimiento económico y la distribución del ingreso. Para lograr y mantener tasas reducidas de inflación, además de una política monetaria congruente es necesario que el sector público sea solvente y que las políticas monetarias y fiscales se apliquen de manera coordinada.

En los últimos treinta años en México se han presentado fluctuaciones extremas en la tasa de inflación. En la mayoría de los casos, los aumentos en la tasa de crecimiento han estado asociados a crisis financieras recurrentes. Solo recientemente en México se ha presentado una etapa de crecimiento con mayor, aunque insignificante estabilidad, para consolidar éste logro será necesario promover el análisis del proceso inflacionario.

Un elemento fundamental para la estabilidad de precios es el otorgamiento al banco central de un mandato específico para preservar el poder adquisitivo de la



moneda y dotarlo para llevar a cabo este objetivo, en México es el Banco de México el que realiza esta función.

El Banco Central tiene la finalidad de proveer la economía del país con moneda nacional, con el objetivo prioritario de de procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda, el Banco también promoverá el desarrollo del sistema financiero y el buen funcionamiento de los sistemas de pago.

La función de la política monetaria y fiscal es ayudar a alcanzar un desempeño macroeconómico satisfactorio, los enfoques para la política monetaria y fiscal se conocen como enfoques intervencionista y no intervencionista, respectivamente.

En la actualidad en el enfoque intervencionista dedicado a la política monetaria, muchos economistas creen que dejando sola a la economía, la economía experimentará amplias fluctuaciones en la actividad económica, las políticas serán entonces necesarias para moderar las fluctuaciones cíclicas que no son autocorregibles o que persisten en el largo plazo.

Por su parte el enfoque no intervencionista dedicado a la política fiscal, establece que las autoridades financieras son las responsables de la mayoría de las fluctuaciones económicas, esta escuela de pensamiento acepta que la economía es inherentemente estable y que los desarreglos tienden a autocorregirse en el corto plazo.

Una condición necesaria para la adecuada política monetaria es contar con un instrumento de la política monetaria que afecte al crecimiento de los precios de la forma deseada, en México el instrumento que se emplea es el de objetivo de saldos acumulados o “corto”.



Existen diversas medidas para controlar la inflación de manera preventiva una de las medidas de cura rápida es que se equilibre el presupuesto, equilibrar el presupuesto significa llegar incluso a tener un excedente lo cual no hará que los precios bajen sino hará descender el nivel de la demanda final total y se dice que el problema no es realmente el de detener la inflación sino regresar al pleno empleo sin reavivar la inflación.

Una política poco efectiva que se aplica para detener la inflación, es la política de parar y arrancar, es decir el dinero se controla y es escaso el efectivo lo cual conduce a cambios de crédito limitado. Una política de dinero escaso por sí sola no eliminaría la propensión inflacionaria si por otro lado el poder privado y el presupuesto federal continúan introduciendo tendencias inflacionarias.

Existe también la política de ingresos voluntarios en la cual todos tendrían que estar de acuerdo para limitar su aumento de ingresos, entonces las fuerzas de producción disminuirían y nadie se encontraría en peores condiciones.

Otra política es la de planes de incentivos fiscales en la cual se aplicarían penalidades fiscales contra las compañías que concedieran convenios salariales en exceso de las tasas fijadas, tendría que ser estimulado entre todos los empleadores para que los aumentos salariales permanecieran bajo control.

Como se ha mencionado el detener la inflación se hace de muchas maneras las cuales representan costos para unos y para otros representan beneficios y la solución a la inflación posiblemente se encuentra más en desarrollar un programa político que todo el país encuentre justo y equitativo que imponga las limitaciones necesarias a elementos críticos de manera que la inflación disminuya a un ritmo administrable y manejable.



La autonomía de la autoridad monetaria no es suficiente para erradicar la inflación. Para ello, se necesita entender las causas del proceso inflacionario y con base en el análisis determinar una estrategia de política monetaria efectiva para alcanzar la estabilidad de los precios.

1.4 Prioridades Gubernamentales por Sexenios

En México las medidas preventivas que se han aplicado para controlar el crecimiento de los precios también varían de acuerdo a los objetivos y prioridades de cada gobierno provocando que históricamente existan cambios significativos en el comportamiento de la Inflación. A continuación se describen los objetivos y prioridades de cada gobierno de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo de cada gobierno.

1983-1998. Miguel de la Madrid

- Conservación y fortalecimiento de las instituciones democráticas.
- Vencer la crisis, reordenación económica en respuesta para enfrentar la crisis económica combatiendo la inflación y la inestabilidad cambiaria.
- Trabajar en el crecimiento nacional protegiendo el empleo, el consumo básico y la planta productiva.
- Obtener cambios favorables en la estructura económica política y social de la nación.
- Políticas y estrategias de desarrollo rural, el crecimiento económico no es un fin por sí mismo, sólo se justifica si tiene como propósito permanente el desarrollo social.

1989-1994. Carlos Salinas de Gortari

- Defensa de la Soberanía y promoción de los intereses de México en el mundo, como instrumento para pugnar por el respeto a la independencia y



autodeterminación de los pueblos, para promover los intereses del país en diversos órdenes, como el financiero y el económico.

- Ampliación de la vida democrática con el régimen constitucional y el acuerdo para la vida democrática.
- Recuperación económica con estabilidad de precios, surgió de la necesidad de alcanzar gradualmente una tasa elevada de crecimiento de la producción y de consolidar el abatimiento de la inflación como condiciones indispensables para avanzar, de manera satisfactoria, en el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, en la creación suficiente de empleos bien remunerados.
- Mejoramiento productivo del nivel de vida de la población, logrando bienestar para asegurar la satisfacción de las necesidades esenciales de todos. La estrategia global se apoyó en el aumento de la productividad para impulsar los avances en el mejoramiento social.
- Planeación Democrática, encauzando la actividad de todos los miembros de la comunidad hacia la consecución de los objetivos nacionales.

1995-2000. Ernesto Zedillo

- Fortalecer el ejercicio pleno de la soberanía nacional, asegurando la capacidad de los mexicanos para tomar libremente decisiones políticas en el interior, con independencia del exterior.
- Consolidar un régimen de convivencia social, construyendo un régimen en donde la plena eficacia de las normas aplicables a particulares y a gobernantes, la seguridad de personas y bienes y el pleno ejercicio de los derechos y libertades se encuentren garantizados por los órganos del Estado, en una sociedad crecientemente compleja.
- Construir el desarrollo democrático a base de confianza para la vida política.



- Avanzar en el desarrollo social bajo principios de equidad y justicia, procurando la igualdad de oportunidades y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población.
- Promover el crecimiento económico sostenido y sustentable, como objetivo estratégico y fundamental que fortalezca la soberanía nacional a favor del bienestar social.
- Una tasa de crecimiento elevada para el crecimiento económico que impulse el desarrollo.

2001-2006. Vicente Fox

- Mejora en los niveles de educación y bienestar, aspirar a construir un país en el que todos cuenten con la oportunidad de tener un alto nivel de vida.
- Mejorar las condiciones de equidad e igualdad de oportunidades.
- Fortalecer el capital social, fortalecimiento de la cohesión y el capital sociales basado en el desarrollo de formas de solidaridad que refuercen los vínculos de identidad.
- Desarrollo social, formular estrategias de coordinación que refuercen el compromiso con la continuidad de los programas sociales, y brindar elementos de seguro que protejan a los individuos contra factores que atenten contra su bienestar.
- Promover el desarrollo económico regional, creando condiciones para el desarrollo sustentable.

2007-2012. Felipe Calderón

- Seguridad Nacional, garantías de seguridad, para el desarrollo humano sustentable.
- Alcanzar un crecimiento económico sostenido más acelerado y generar empleos formales que permitan mejorar la calidad de vida.



- Tener una economía competitiva que ofrezca bienes y servicios de calidad a precios accesibles y que sea generadora de empleos.
- Reducir las brechas sociales, y asegurar la igualdad de oportunidades, económicas y culturales persistentes en la sociedad, tener acceso a oportunidades de formación y realización para mejorar sus condiciones de vida.
- Aprovechar la globalización para impulsar el desarrollo nacional y proyectar los intereses de México en el exterior.

2013-2018. Enrique Peña Nieto

- Fortalecer el pacto social, reforzar la confianza con el gobierno, alentar la participación social en la vida democrática y reducir los índices de inseguridad.
- Garantizar el ejercicio de los derechos sociales y cerrar las brechas de desigualdad social que aun nos dividen. El objetivo es que el país se integre por una sociedad con equidad, cohesión social e igualdad sustantiva.
- Implementar políticas de Estado que garanticen el derecho a la educación de calidad para todos, fortalecer la articulación entre niveles educativos y la vinculación con el quehacer científico, el desarrollo tecnológico, el sector productivo, con el fin de generar capital humano de calidad que detone la innovación nacional.

1.5 Variables que afectan la Inflación

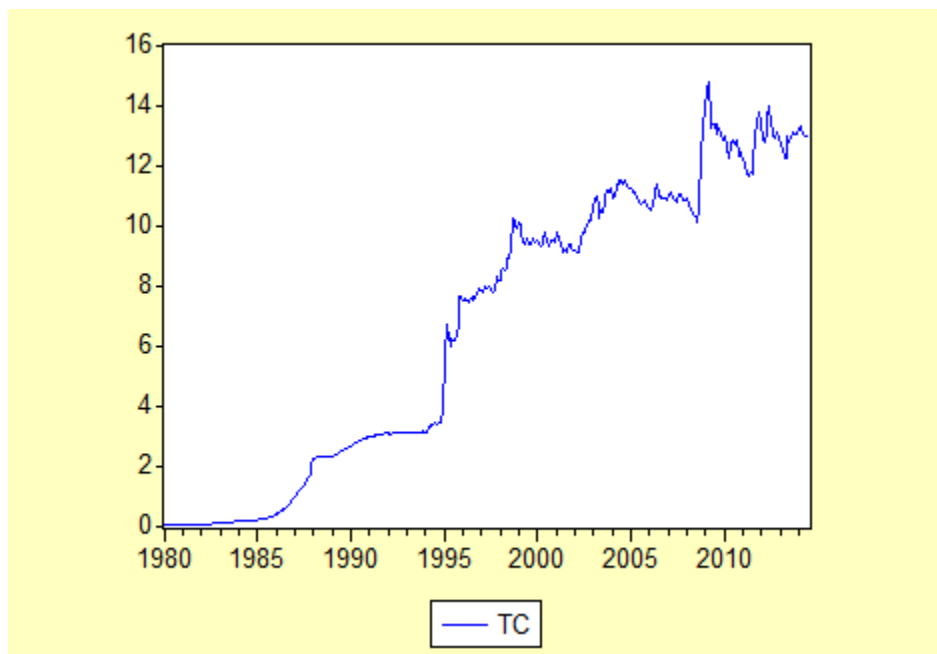
Indudablemente la Inflación no es una variable financiera que se explique por sí sola, es decir, es una variable que se explica en términos de otras variables financieras y que afectan de forma directa su comportamiento. En México el Banco de México, las prioridades gubernamentales que sean determinadas en cada sexenio y otras variables financieras son las que se encargan de dar forma a la Inflación.



A continuación como nos interesa conocer el comportamiento de la Inflación describiremos las variables financieras que afectan de manera directa el comportamiento de la Inflación y observaremos con los datos históricos de sus series el comportamiento que presentaron en cada sexenio.

Tipo de Cambio. El Tipo de Cambio se define como el precio al que se intercambia una moneda por otra, el valor de la moneda en éste caso el peso mexicano, se hace palpable cuando el precio del peso mexicano pierde valor respecto a monedas extranjeras, los bienes extranjeros se hacen más caros y de manera contraria cuando el peso aumenta su valor respecto a otras monedas los bienes extranjeros así como los viajes se hacen más baratos.

Gráfica 1.1 México: Tipo de Cambio 1980-2014 comportamiento. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México.



En la Gráfica 1.1 es posible observar el comportamiento histórico del Tipo de



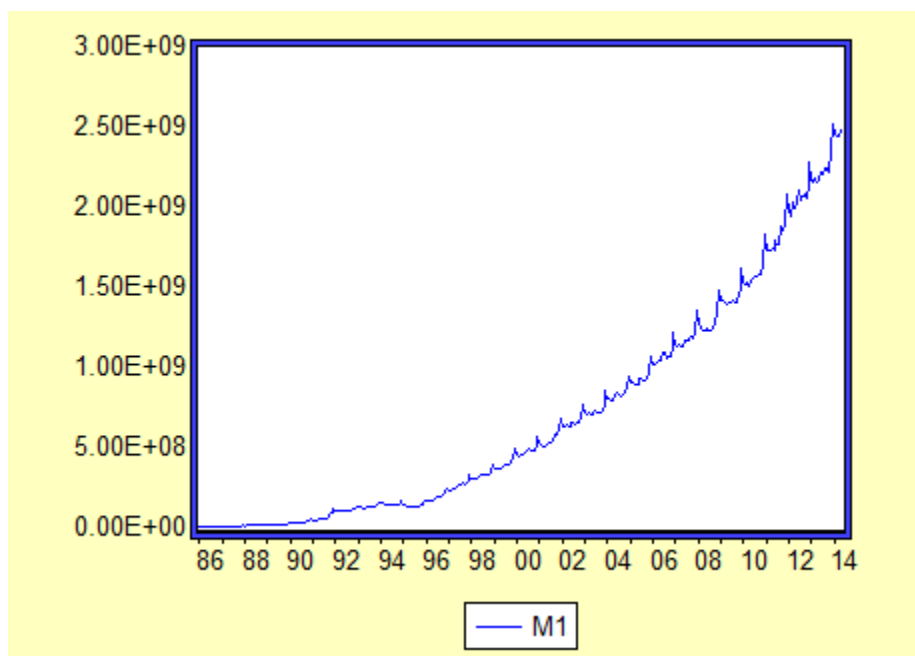
Cambio desde 1980 hasta 2014. Durante el sexenio de Miguel de la Madrid el Tipo de Cambio creció de forma lenta, al final del sexenio se aceleró el crecimiento parecido al crecimiento exponencial y se aprecia que justo cuando Salinas toma posesión del cargo a la presidencia en 1988, el Tipo de Cambio crece de manera lenta y suave sin cambios bruscos, posterior al gobierno de Salinas se observa como el Tipo de Cambio crece de manera abrupta en el 95 cuando hace toma de la presidencia Ernesto Zedillo, el Tipo de Cambio sobrepasó todos los stocks que anteriormente se habían presentado y en este caso es muy probable que las condiciones políticas y de crisis financieras hayan sido las causantes del incremento tan brusco en su valor, durante éste sexenio el Tipo de Cambio continua creciendo de manera escalonada presentando picos y periodos de relativo estancamiento en el que el Tipo de Cambio solo se movía dentro de una banda acotada entre el 5.00 aproximadamente el 9.00, posterior al sexenio de Ernesto Zedillo, bajo el nuevo esquema de gobierno de Vicente Fox el Tipo de Cambio continuó creciendo pero de forma más controlada ya que del periodo de 2000 a 2006 el Tipo de Cambio sufrió altas y bajas pero no fue mayor a dos unidades y no se presentaron periodos de alta volatilidad en el Tipo de Cambio como los presentados un sexenio pasado. Durante el gobierno de Felipe Calderón el Tipo de Cambio presento crecimiento con repetidos periodos de alta volatilidad alcanzando su máximo valor en el periodo de una aguda crisis financiera (2008-2009), posterior a la crisis el Tipo de Cambio presentó una baja no significativa ya que no volvió al valor anterior a la crisis. Con la última toma de gobierno del presidente Peña Nieto y posterior a la crisis financiera el tipo de cambio ha bajado paulatinamente y se han sufrido menos fluctuaciones abruptas.

M1-Oferta Monetaria. En México la autoridad de banca central, Banco de México define los agregados monetarios, la definición más restringida del dinero que el Banco de México determina es el M1. La medida del agregado monetario M1 esta formada por todos los activos que son un medio de pago, billetes y monedas, en



poder del público y depósito en cuenta de cheques en moneda nacional y en moneda extranjera, depósito en cuenta corriente en moneda nacional, así como depósitos a la vista de las sociedades de ahorro y préstamo.

Gráfica 1.2 México: M1 1985-2014 comportamiento. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México.



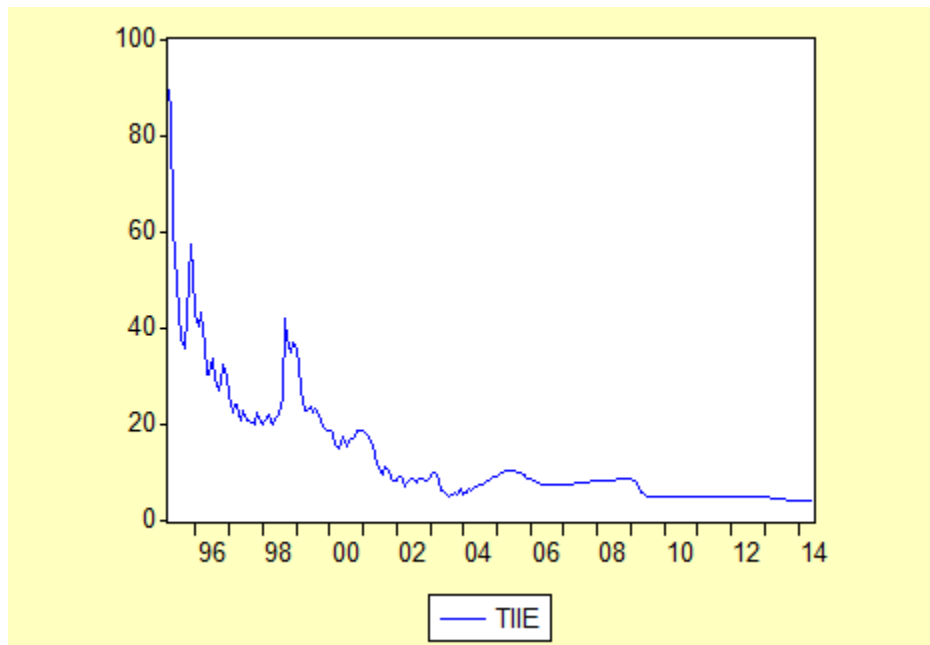
La Gráfica 1.2 correspondiente a la Oferta Monetaria, es posible observar que durante el gobierno de Miguel de la Madrid creció de manera lenta y suave, con el cambio de gobierno en el sexenio de Salinas de Gortari se presentó un crecimiento suave y controlado fue hasta el gobierno del presidente Zedillo que la Oferta Monetaria comenzó a crecer más rápido y su comportamiento se aceleró más en el gobierno de Vicente Fox, la serie de la oferta monetaria presentó un crecimiento más acelerado, siendo hasta entonces que se observan periodos de altas y bajas. Posterior al gobierno de Vicente Fox y con la nuevas prioridades gubernamentales así como de política monetaria el comportamiento de la oferta



monetaria cambia, pues como se observa en la Gráfica 1.2 su crecimiento continua, sin embargo el crecimiento se da en periodos más prolongados de tiempo de forma más acelerada y es aún durante el presente sexenio, tomado por Peña Nieto que el comportamiento continua de forma similar a la administración del sexenio pasado.

TIIE – Tasa de Interés Interbancaria. Fue creada por el Banco de México con el objetivo de establecer una Tasa de interés Interbancaria que refleje mejor las condiciones del mercado, para determinar la tasa de interés Banco de México, requiere de cotizaciones de por lo menos seis instituciones y de no reunirse tal número se determina tomando en cuenta las condiciones prevalecientes del mercado de dinero.

Gráfica 1.3 México: TIIE 1995-2014 comportamiento. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México.



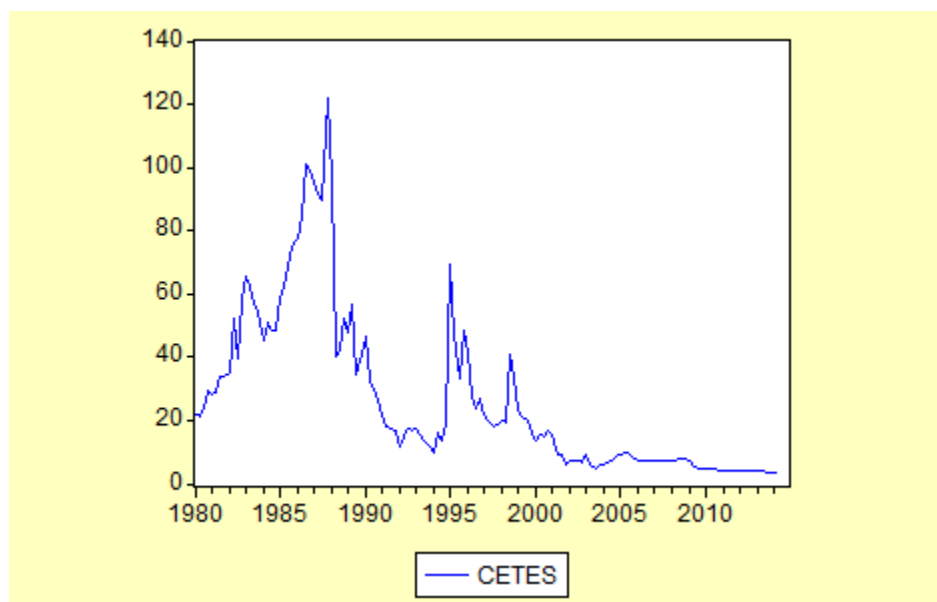


En la Gráfica 1.3 es posible observar el comportamiento de la Tasa de Interés Interbancaria, como se observa se tiene registro desde su creación en 1995, periodo durante el cual México se encontraba bajo las prioridades gubernamentales de Ernesto Zedillo, se aprecia que es entonces cuando la TIIE alcanza sus valores máximos en todo el registro histórico y progresivamente baja mostrando alzas y bajas en su trayectoria. Posterior al sexenio 1994-2000, toma posesión de la presidencia el gobierno de Vicente Fox y se observa que la TIIE continúa decreciendo cerrando el sexenio con un alza. Después durante el sexenio de Felipe Calderón el comportamiento de la TIIE es alcista casi constante y controlado mostrando bajas que continúan con las mismas características. En el presente sexenio, se observa que la TIIE continua decreciendo de manera muy lenta y controlada.

CETES. Los CETES, (Certificados de la Tesorería), son títulos de crédito al portador que se emiten por el Gobierno Federal desde 1978, en los cuales el Gobierno tiene la Obligación de pagar su valor nominal al vencimiento. Los CETES, fueron emitidos con el fin de influir en la regulación de la masa monetaria, financiar la inversión productiva y promover el desarrollo de mercado de valores. El rendimiento que recibirá el inversionista es la diferencia entre el precio de compra y el de venta.



Gráfica 1.4 México: CETES 1985-2014 comportamiento. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México.



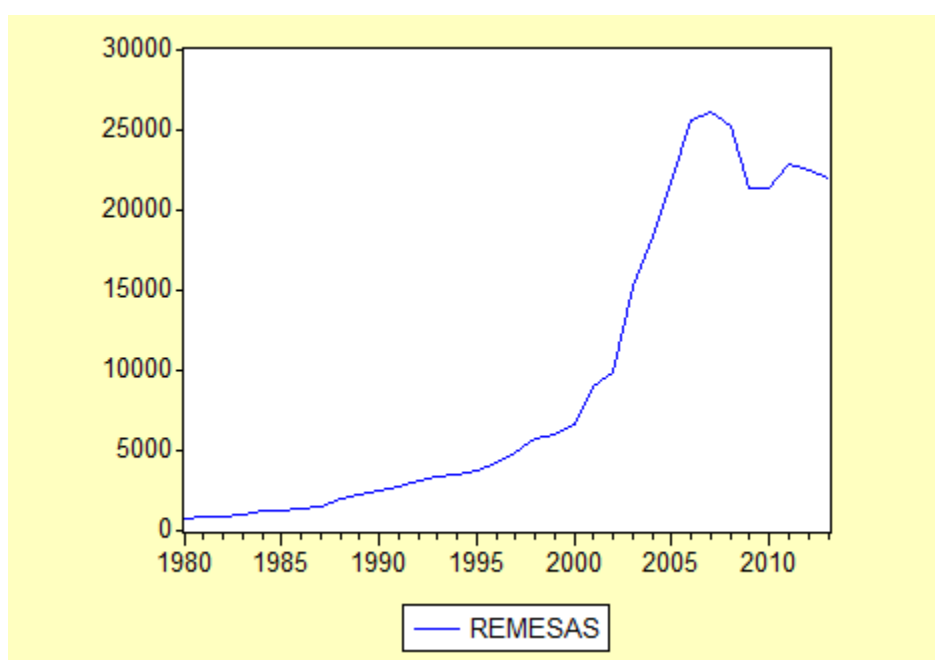
La Gráfica 1.4 muestra el comportamiento de los Cetes, es posible observar que los CETES desde fechas cercanas posteriores a su emisión no han mostrado un comportamiento regular ya que presenta periodos de volatilidad variable en el tiempo. Es posible observar que durante el sexenio de Miguel de la Madrid el valor de los Cetes creció muy rápido y se aprecia que en el sexenio de Raúl Salinas, el valor de los Cetes comienza a bajar aceleradamente, en el sexenio siguiente a cargo de Ernesto Zedillo se observa que el comportamiento de los Cetes volvió a presentar periodos de volatilidad decreciente. En el sexenio de Vicente Fox, Felipe Calderón y Enrique Peña se observa que el comportamiento de los Cetes es sostenido y decrece lentamente sin presentar periodos de volatilidad.

Remesas. Las remesas son la cantidad en moneda extranjera que proviene del exterior, las transferencias a través de empresas, causada por un remitente (personas físicas que residen en el extranjero y que transfieren recursos



económicos a sus familiares en México) y que es entregada en territorio nacional a un beneficiario (personas físicas que residen en México que reciben los recursos que transfiere el remitente).

Gráfica 1.5 México: Remesas 1980-2013 comportamiento. Fuente: Elaboración propia con datos de México Mágico (<http://www.mexicomaxico.org/Voto/termo.htm>)



En la Gráfica 1.5 es posible observar el comportamiento histórico de las Remesas desde 1980. Durante el sexenio de Miguel de la Madrid y Carlos Salinas de Gortari las Remesas presentaron un crecimiento suave y lento, fue hasta el sexenio de Ernesto Zedillo que las Remesas que entraron al país presentaron un crecimiento acelerado respecto a los sexenios pasados con tendencia alcista pero sin grandes cambios a pesar de la crisis vivida en 1994, fue hasta el sexenio de Vicente Fox que las Remesas mostraron un crecimiento más acelerado alcanzando de sus niveles más altos a finales del sexenio. Posteriormente con la entrada del gobierno de Felipe Calderón las Remesas continuaron creciendo en la primera



mitad del sexenio y en la segunda mitad se presentó una baja en las remesas seguida de un crecimiento menos acelerado. En el actual sexenio de Peña Nieto es posible observar que las Remesas se encuentran en la misma banda que el sexenio pasado con tendencias bajistas. En la Gráfica 1.5 fue posible apreciar que no es motivo de sorpresa que las Remesas crezcan según se agudice la situación económica de acuerdo a las crisis económicas que se presenten en el país.

En esta sección fue posible observar que en cada sexenio gubernamental las variables que dan forma a la Inflación influyendo en su comportamiento dependiendo de la política monetaria vigente, así como de las prioridades que cada gobierno plantee en sus planes nacionales de desarrollo.

Por otra parte los impuestos no son una variable financiera de tipo macroeconómica que afectan a la Inflación de manera directa como las antes mencionadas pero podrían ser un factor de riesgo que afecte la inflación, es el caso del IEPS, el Impuesto Especial sobre Producción y Servicios el IEPS que es un impuesto indirecto, es decir, que los contribuyentes del tributo no son quienes lo pagan, sino que lo trasladan o cobran a sus clientes, que terminan siendo el sujeto de la obligación tributaria, es un gravamen que se aplica al pago por la producción y venta o importación de gasolinas, alcoholes, cerveza y tabacos y a partir de 2014, también a alimentos y bebidas con alta densidad calórica como refrescos y golosinas y a los insecticidas.

1.6 La Inflación (INPC), durante un periodo de crisis (2008-2009)

Como se mencionó en la Introducción es del Interés de la presente tesis estudiar a la Inflación en un periodo que comprenda un periodo con alta volatilidad, en México y en el Mundo un periodo de alta volatilidad fue el ocurrido en la anterior crisis de 2008, a continuación se describen las condiciones que dieron lugar a la crisis.



En el periodo comprendido de enero de 2008 a junio de 2009, la crisis financiera internacional se agravó y se extendió, siendo una crisis financiera internacional, esta crisis puede considerarse como la más amplia y aguda desde la Segunda Guerra Mundial. Desde entonces el recrudecimiento de la crisis a partir de septiembre de 2008 ha tenido grandes impactos en las economías emergentes, entre las cuales se encuentra la economía mexicana dando lugar a la reducción de la actividad económica a nivel mundial y la disminución de los precios de las materias primas.

En el plano financiero los efectos negativos se reflejan en la intensificación de la aversión al riesgo así como la liquidación de activos por parte de inversionistas extranjeros que ha tenido un efecto negativo sobre los tipos de cambio, las tasas de interés y los índices de valores de la economía mexicana. El costo del financiamiento para las empresas mexicanas también resultó afectado, debido a la incertidumbre en la información sobre las pérdidas sufridas por algunas empresas líderes mexicanas en operaciones con derivados.

Además de lo anteriormente descrito, la economía mexicana se vio afectada por un contexto desfavorable, la seguridad que afecta el clima de los negocios y el brote del virus de la influenza A(H1N1) en el segundo trimestre de 2009.

La crisis financiera del 2008 estuvo precedida por un periodo de auge económico en países más desarrollados, en particular en Estados Unidos, dicho periodo se caracterizó por un apalancamiento en los hogares y en las empresas y un crecimiento sin precedentes en el sector inmobiliario de Estados Unidos. La primera manifestación ocurrió en el 2006, con un aumento en la morosidad de las hipotecas de menor calidad.

Los principales factores que explican el origen y la evolución de la crisis son:



- Un periodo prolongado de tasas de interés reales y nominales bajas y liquidez abundante en los mercados financieros internacionales favorecido por políticas monetarias laxas en la principal economía del mundo.
- Los conflictos de interés en las agencias calificadoras quienes se encargan de evaluar el riesgo de las emisiones, la insuficiente transparencia en la información publicada, las inconsistencias en reglas contables.
- Un apalancamiento sin precedentes previos de los intermediarios financieros, los hogares y las empresas y el crecimiento de la intermediación financiera. Una acción importante fue la de los bancos e instituciones financieras, las cuales crearon vehículos de inversión para sacar de sus balances carteras de crédito para reducir sus requerimientos de capital.
- La insuficiente supervisión en las entidades financieras globales, derivada de la complejidad de sus operaciones y la multiplicidad de sus contrapartes, propició que muchas entidades financieras asumieran riesgos excesivos.

La combinación de los factores antes mencionados dio lugar a un periodo de expansión del crédito y del consumo, a una caída del ahorro principalmente en Estados Unidos y al surgimiento de una burbuja en el mercado inmobiliario y a un déficit creciente en la balanza de pagos estadounidense.

La crisis se expandió durante el 2008 y en septiembre del 2008 se presentó su mayor caída y continuó durante en la primera mitad del 2009, las causas de su expansión son las siguientes:



- La globalización e innovación financiera en la segmentación y distribución de riesgos propicia la interconexión entre las economías, mercados y entidades financieras, dando lugar a una rápida expansión de la crisis, primero en las economías desarrolladas y después en las emergentes como es el caso de México.
- El uso de modelos de optimización basados en precios de mercado y en calificaciones de crédito propicia que los participantes en los mercados financieros actúen de forma similar simultáneamente provocando iliquidez en los mercados y problemas sistemáticos cuando los participantes se ven obligados a liquidar sus posiciones ante noticias adversas, lo que su vez aumenta las correlaciones y volatilidades de los precios de los activos financieros.
- En los países desarrollados no se logró identificar de manera oportuna las causas del origen y extensión de la crisis.
- Los problemas de liquidez y el colapso del crédito en los mercados financieros de las economías desarrolladas frenaron las perspectivas de crecimiento. La reducción de recursos en los hogares redujo el consumo provocando el contagio internacional. El resultado general fue la contracción de las economías desarrolladas y de las economías emergentes.

La economía global se deterioró como consecuencia de la crisis internacional. Los efectos de la recesión se reflejaron en los indicadores económicos y proyecciones de crecimiento de las economías desarrolladas y de las emergentes. La crisis agudizó la actividad económica dando lugar a un incremento en las tasas de desempleo. El comercio internacional resultó afectado dando lugar a la pérdida de la riqueza y el desplome del crédito contribuyendo a la transmisión de la crisis del sector financiero al sector real.



Otro factor que difundió la crisis, fue el precio de las materias primas y la disminución de la inflación en las economías avanzadas provocó repercusiones en las economías emergentes, en particular aquellas que contaban con ventajas para la exportación de manufacturas o materias primas.

La economía mexicana resultó afectada por los mismos canales que la crisis internacional, tales como la reducción del comercio internacional, la disminución en el precio de la energía. En particular el contagio de la crisis económica en México fue intenso por los vínculos que existen en la economía nacional y la estadounidense.

La evolución de la Inflación en la economías emergentes fue mixta, en el caso de México la inflación retrocedió en Junio de 2009 y fue hasta el segundo semestre del 2009 que los indicadores económicos confirmaron un periodo de recuperación en la actividad económica global.

Dado que las características de la economía mexicana propician que los choques anteriormente mencionados tengan un efecto negativo, en particular en ésta tesis es de nuestro interés estudiar los choques presentados en el Índice Nacional de Precios al Consumidor, durante el periodo de estudio.

1.7 Fundamentos Teóricos

La serie de tiempo en cuestión se tratará con los modelos ARCH y algunas de sus extensiones. Primero se presentan aspectos de los métodos y modelos ARIMA (p, d, q) propuestos por Box y Jenkins en 1976 que anteceden a los modelos ARCH (q) en el uso de pronósticos con series de tiempo, ya que en la Metodología se presenta un modelo ARIMA para la serie de tiempo Índice Nacional de Precios al Consumidor, se prueba la presencia de efecto ARCH y



obtiene un pronóstico un periodo y tres periodos hacia adelante utilizando los datos de la serie de tiempo del Índice Nacional de Precios al Consumidor publicados en las estadísticas del Banco de Información Estadística (www.inegi.org/sistemas/bie/), durante el periodo de estudio (2007-2014).

Después se presentan los modelos de la familia ARCH(q), los cuales fueron propuestos específicamente para capturar la volatilidad de una serie de tiempo del tipo financiero, estimando y pronosticando la varianza condicional de una variable. La varianza de una variable dependiente se define como una función de las variables exógenas (variables dependientes rezagadas, independientes y otras exógenas puras).

En particular, los datos de la serie de tiempo INPC, como indicador de la inflación en México, exhiben la característica de volatilidad variable a lo largo del periodo de estudio, se verá el detalle de la serie en la Metodología de la presente tesis.

Este conjunto de modelos ARCH y todas sus extensiones tales como el modelo GARCH, TARCH y EGARCH resultan ser mejores que los modelos ARIMA ya que capturan mejor la volatilidad en el largo plazo y son más certeros, los autores que han trabajado sobre el tema son:

Box Jenkins, Robert Engle, Tim Bollerslev, Lawrence R. Glosten y Nelson, y James Hamilton sólo por mencionar a los más importantes en el desarrollo de éstas herramientas.

El modelo ARMA(p, q) fue propuesto por Box Jenkins (1976), las dos especificaciones principales de esta metodología son los modelos autorregresivos AR(p) y los modelos de promedio móvil MA(q), diseñados para procesos estocásticos estacionarios univariados y de los cuales después se derivan los



modelos $ARIMA(p, d, q)$, llamados así porque consideran el orden de integración (I).

El modelo $ARCH(p)$ propuesto por Engle (1982), surgió de la necesidad de mejorar la eficiencia de los pronósticos dados en series financieras que presentan volatilidad en el periodo de estudio y que bajo el supuesto de normalidad, se permite que la varianza condicional de los residuos cambien linealmente con los residuos al cuadrado rezagados. Permitiendo, además de esto, que la varianza condicional cambie linealmente con las varianzas condicionales de periodos anteriores.

Bollerslev (1986), generaliza los modelos ARCH en el modelo Autorregresivo Condicionalmente Heterocedástico Generalizado, el modelo $GARCH(p, q)$. Los efectos de los choques positivos o negativos sobre la volatilidad de una serie son simétricos en modelos $GARCH(p, q)$.

Para capturar los efectos asimétricos de los choques sobre la volatilidad de una serie, Nelson (1991) propone el modelo Autorregresivo Condicionalmente Heterocedástico Generalizado Exponencial, el modelo $EGARCH(p, q)$ para la varianza condicional que es asimétrico ante choques aleatorios.

El modelo GARCH exponencial, modelo EGARCH propuesto por Daniel B. Nelson (1991), no sólo captura las asimetrías, sino también asegura que la varianza condicional sea siempre positiva.

El modelo ARCH Threshold, el modelo $TARCH(p, q)$., creado por Lawrence R. Glosten y Jagannathan y Runkle (1993) asume diferentes modelos GARCH para choques positivos y negativos.



Todos los modelos econométricos de la familia ARCH antes mencionados serán utilizados para ajustar un modelo que cumpla con todos los supuestos estadísticos para hacer un pronóstico que mejor tome en consideración la volatilidad del periodo de estudio y obtener un pronóstico más preciso frente a la posibilidad de utilizar modelos ARIMA que no consideran la volatilidad en el periodo de estudio, y en los resultados se mostrarán los modelos estadísticamente adecuados.

A continuación antes de establecer las bases teóricas de los modelos que se utilizarán en la metodología se definen conceptos necesarios para tratar estudiar los modelos econométricos ARIMA y de la familia ARCH. Primero se tratarán las definiciones para trabajar con los modelos econométricos, después se presentará la teoría de los modelos ARIMA que anteceden a los modelos de la familia ARCH y por último se tratarán las bases teóricas de los modelos ARCH y sus extensiones.

Definición 1. De acuerdo a James Hamilton (1994), se define un ruido blanco a la sucesión $\{e_t\}_{t=-\infty}^{\infty}$ cuyos elementos tienen esperanza cero y varianza constante σ^2 , es decir

$$E(e_t) = 0$$

$$E(e_t^2) = \sigma^2$$

con σ^2 en los reales, donde e_t no está correlacionado al correr el tiempo, esto es

$$E(e_t e_T) = 0 \text{ para } t \neq T$$

En algunas ocasiones es necesario reemplazar la condición anterior por una condición más fuerte en la cual e_t es independiente en el tiempo, entonces



e_t , e_T son independientes para $t \neq T$

Un proceso que satisface todas las condiciones anteriores es un proceso llamado ruido blanco independiente.

Si el ruido blanco independiente se distribuye normal, es decir

$$e_t \sim N(0, \sigma^2)$$

Entonces, se obtiene un ruido blanco Gaussiano.

El ruido blanco gaussiano es utilizado para modelar procesos con series estacionarias, algunos son los llamados modelos ARIMA que se describen más adelante.

Definición 2. Siguiendo a Maddala (1990), una serie de tiempo es una secuencia de datos numéricos cada uno de los cuales se asocia con un instante específico de tiempo. Es posible citar numerosos ejemplos: el Índice Mensual de Desempleo, el M_1 el M_2 , etcétera.

Una serie de tiempo es una colección de variables aleatorias $\{y_t\}$. Una colección de ese tipo, ordenada con respecto al tiempo se le conoce como proceso estocástico.

Definición 3. De acuerdo a Ross (2002), un proceso estocástico $\{y(t), t \in T\}$ es una colección de variables aleatorias indexadas a un tiempo t . Esto es para cada $t \in T$, $y(t)$ es una variable aleatoria. El índice t es interpretado como tiempo. El conjunto T es llamado el conjunto índice del proceso. En el presente trabajo por



cuestiones de notación se utilizara y_t en vez de $y(t)$.

Basándose en la definición de proceso estocástico y dado que los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor son mensuales, es posible ver al INPC como un proceso estocástico discreto, es decir se puede ver como una serie de tiempo.

A continuación se presentan aspectos de los métodos y modelos $ARIMA(p, d, q)$ propuestos por Box y Jenkins en 1976, los cuales anteceden a los modelos de la familia ARCH con fines de pronóstico.

1.7.1 Modelo $AR(p)$

Un modelo Autorregresivo de orden p denotado como $AR(p)$ se define

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t \quad (1.1)$$

donde ϕ_j , con $j = 1, 2, \dots, p$, son constantes reales y el proceso $\{e_t\}$ es un ruido blanco.

Definiendo al operador rezago como

$$LZ_t = Z_{t-1}$$

y en general

$$L^s Z_t = Z_{t-s}$$

Entonces, es posible reescribir el modelo $AR(p)$ de la siguiente manera

$$\phi(L)y_t = e_t$$



donde

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

De acuerdo con Box – Jenkins (1994), las condiciones que debe cumplir un proceso $AR(p)$ para ser estacionario e invertible son las siguientes

Para un modelo autorregresivo de orden p se tiene

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t \quad (A)$$

$$y_{t-1} = \phi_2 y_{t-2} + \phi_3 y_{t-3} + \dots + \phi_{p-1} y_{t-p-1} + e_{t-1} \quad (B)$$

$$y_{t-2} = \phi_3 y_{t-3} + \phi_4 y_{t-4} + \dots + \phi_{p-2} y_{t-p-2} + e_{t-2} \quad (C)$$

...

...

Si se sustituye (B), en el lado derecho de (A) se elimina y_{t-1} , de igual manera si se sustituye (C) para eliminar y_{t-2} , y continuando con este proceso se obtiene una serie infinita de e_t 's en el lado derecho de (A). Simbólicamente se tiene el modelo $AR(p)$ de la forma $\phi(L)y_t = e_t$, el cual es equivalente a

$$y_t = \psi(L)e_t$$

con

$$\psi(L) = \phi^{-1}(L)$$

debido a que $\phi^{-1}(L)$ es un polinomio en términos de L es posible expresarlo como

$$\phi^{-1}(L) = (1 - G_1 L)(1 - G_2 L) \dots (1 - G_p L)$$



donde $G_1^{-1}, \dots, G_p^{-1}$ son las raíces de $\phi(L) = 0$. En Box - Jenkins⁶ el modelo $AR(p)$ se expresa en fracciones parciales obteniendo

$$\phi^{-1}(L)e_t = \sum_{i=1}^p \frac{k_i}{1 - G_i L} e_t$$

Box – Jenkins concluyen en base a este resultado que para que el modelo $AR(p)$ sea estacionario la serie anterior debe de ser convergente, y la serie es convergente si $|L| \leq 1$, si esto ocurre entonces las $|G_i| < 1$ para $i = \{1, 2, \dots, p\}$. Debido a que las raíces de la ecuación característica $\phi(L) = 0$ son de la forma G_i^{-1} , entonces las raíces deben de estar fuera del círculo unitario complejo, por lo tanto el modelo $AR(p)$ es un proceso estacionario.

Box – Jenkins mencionan que si ocurre que el polinomio

$$\phi(L) = 1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p$$

es finito entonces se asegura que el modelo $AR(p)$ sea invertible.

1.7.2 Modelo $MA(q)$

El modelo de Media Móvil de orden q se define

$$y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1.2)$$

El cual es denotado como $MA(q)$ modelo media móvil, donde ε_t es un ruido

⁶ Ver Box – Jenkins 1994, pg. 55



blanco y $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$ son constantes reales.

Utilizando el operador de rezago es posible reescribir el modelo MA(q) como

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

o bien

$$y_t = \theta(L) \varepsilon_t$$

donde $(1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t$ es un polinomio de orden q en el operador rezago L .

De acuerdo con Box-Jenkins las condiciones que debe cumplir un modelo MA(q) para ser estacionario e invertible, se describen a continuación.

Para un modelo de Media Móvil de orden q , MA(q) se tiene

$$\begin{aligned} y_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \\ &= (1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t \\ &= \theta(L) \varepsilon_t \end{aligned}$$

De esta expresión se puede obtener

$$\varepsilon_t = \theta^{-1}(L) y_t$$

entonces, si

$$\theta^{-1}(L) = \prod_{i=1}^q (1 - H_i L)$$

en Box – Jenkis se expande el producto anterior en fracciones parciales,



obteniéndose

$$\Pi(L) = \theta^{-1}(L) = \sum_{i=1}^q \left(\frac{M_i}{1 - H_i L} \right)$$

En Box – Jenkins⁷ se concluye en base a este resultado que para que el modelo $MA(q)$ sea estacionario la serie anterior debe ser convergente. La serie es convergente si $|H_i| < 1$ para $i = 1, 2, \dots, q$, si esta condición se cumple, entonces el modelo $MA(q)$ es invertible. Debido a que las raíces de la ecuación característica $\theta(L) = 0$ son de la forma H_i^{-1} entonces las raíces de la ecuación característica

$$\theta(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q = 0$$

se deben encontrar fuera del círculo unitario complejo.

Como la serie es finita

$$\psi(L) = \theta(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q$$

entonces no es necesaria ninguna restricción en los parámetros para que el modelo $MA(q)$ sea invertible.

1.7.3 Modelo ARMA(p,q)

El modelo ARMA(p,q) es la combinación de modelos AR(p) y MA(q), es decir

⁷ Ver Box – Jenkins 1994 pg. 70



$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1.3)$$

En Box y Jenkins (1994), se propusieron que los términos del modelo de medias móviles no afectan el argumento de estacionariedad dado para un modelo autorregresivo, es por dicho argumento que el modelo (1.3) es un modelo estacionario si la ecuación característica $\phi(L) = 0$ tiene todas sus raíces fuera del círculo unitario complejo. Para que el modelo (1.3) sea invertible las raíces de $\theta(L) = 0$ deben estar fuera del círculo unitario.

1.7.4 Modelo ARIMA(p,d,q)

Las series que no son estacionarias pero pueden serlo después de aplicarles el operador diferencia Δ se llaman series integradas. Así, si una serie no estacionaria, se transforma en estacionaria después de diferenciarla una vez se llama integrada de orden uno y se representa por $I(1)$.

En general, una serie de tiempo no estacionaria que se transforma en estacionaria después de aplicarle d diferencias se llama serie integrada de orden d y se representa por $I(d)$. De esta manera, si Δy_t es estacionaria, entonces esta serie es modelada como un modelo ARMA(p, q), mientras la serie y_t se modelara como un modelo ARIMA($p, 1, q$).

En general si $\Delta^d y_t$ es estacionaria, entonces esta serie se modelara como un modelo ARMA(p, q) mientras la serie y_t se modelara como un modelo ARIMA(p, d, q).

Si la serie original y_t es integrada de orden d , entonces



$$\Delta^d y_t = z_t, t = 1, 2, \dots, T$$

es estacionaria.

Si z_t sigue el modelo ARMA(p, q)

$$\phi(L)z_t = \theta(L)\varepsilon_t,$$

y se asume que el inverso del polinomio de rezago AR existe, entonces

$$z_t = \phi^{-1}(L)\theta(L)\varepsilon_t$$

sustituyendo z_t en esta última expresión se tiene

$$\Delta^d y_t = \phi^{-1}(L)\theta(L)\varepsilon_t$$

o

$$y_t = \Delta^{-d} \phi^{-1}(L)\theta(L)\varepsilon_t \quad (1.4)$$

Este último modelo se llama proceso Autorregresivo Integrado de Media Móvil o $ARIMA(p, d, q)$, donde (p) se refiere al número de rezagos del modelo autorregresivo, (d) se refiere al orden de integración de la serie y (q) se refiere al número de rezagos del modelo de medias móviles.

Como se mencionó al inicio de ésta sección los modelos ARIMA anteceden a los modelos ARCH, a continuación se describe su relación.

Para capturar exceso de curtosis, la idea de la aproximación ARCH de Engle (1982), es que los mismos Modelos Autorregresivos de Media Móvil, modelos



ARMA, que se usan para representar la media condicional de una variable se pueden aplicar a los residuos cuadráticos de las ecuaciones.

Considere la media y varianzas condicionales y no condicionales de un modelo autorregresivo de primer orden, modelo AR (1), el cual se puede escribir como una ecuación estocástica en diferencia de primer orden no homogénea

$$y_t = \delta + \phi y_{t-1} + e_t \quad (1.5)$$

donde la parte no homogénea $\delta + e_t$ está formada por un término constante δ y un proceso aleatorio puro e_t ruido blanco. Asumiendo que para $t = t_0$ el valor inicial y_{t_0} es conocido, iterando (1.5) resulta

$$\begin{aligned} y_{t_0+1} &= \delta + \phi y_{t_0} + e_{t_0+1} \\ y_{t_0+2} &= \delta + \phi y_{t_0+1} + e_{t_0+2} = \delta + \phi(\delta + \phi y_{t_0} + e_{t_0+1}) + e_{t_0+2} \\ &= \delta + \phi\delta + \phi^2 y_{t_0} + \phi e_{t_0+1} + e_{t_0+2} \\ &\vdots \\ y_{t_0+\tau} &= (1 + \phi + \phi^2 + \dots + \phi^{\tau-1})\delta + \phi^\tau y_{t_0} + \phi^{\tau-1} e_{t_0+1} + \phi^{\tau-2} e_{t_0+2} + \dots + \phi e_{t_0+\tau-1} + e_{t_0+\tau} \end{aligned}$$

o

$$y_{t_0+\tau} = \phi^\tau y_{t_0} + \frac{1 - \phi^\tau}{1 - \phi} \delta + \sum_{j=0}^{\tau-1} \phi^j e_{t_0+\tau-j}$$

Para $t = t_0 + \tau$

$$y_t = \phi^{t-t_0} y_{t_0} + \frac{1 - \phi^{t-t_0}}{1 - \phi} \delta + \sum_{j=0}^{t_0+\tau-1} \phi^j e_{t-j} \quad (1.6)$$

El desarrollo y las propiedades de este proceso son determinados principalmente por los supuestos que se establecen sobre la condición inicial y_{t_0} . Una condición



inicial es determinista si se asume que la condición inicial es un número real fijo y_0 para $t = t_0$.

En este caso se reescribe (1.6) como:

$$y_t = \phi^t y_0 + \frac{1 - \phi^t}{1 - \phi} \delta + \sum_{j=0}^{t-1} \phi^j e_{t-j}$$

Debido a que este proceso depende de una parte determinista que depende del tiempo $\left(\frac{1 - \phi^t}{1 - \phi} \delta \right)$ y de una parte aleatoria $\left(\sum_{j=0}^{t-1} \phi^j e_{t-j} \right)$, no puede ser débilmente estacionario.

Por otro lado, se tiene un proceso con condición inicial estocástica si en (1.6) la solución de la ecuación en diferencia homogénea se anula, lo que sólo es posible si $|\phi| < 1$. En este caso, si $\lim_{t_0 \rightarrow -\infty} y_{t_0}$ está acotado, (1.6) resulta

$$y_t = \frac{\delta}{1 - \phi} + \sum_{j=0}^{\infty} \phi^j e_{t-j} \quad (1.7)$$

Donde la parte determinista dependiente del tiempo se anuló. La ecuación (1.7) es la representación de Wold del proceso AR(1), si $\psi_j = \phi^j$ y $|\phi| < 1$. Esto da lugar a la convergencia de

$$\sum_{j=0}^{\infty} \psi_j^2 = \sum_{j=0}^{\infty} \phi_j^2 = \frac{1}{1 - \phi^2}$$

por lo cual, el proceso (1.5) es débilmente estacionario.



De la ecuación (1.7), ya que $E(e_t)=0$ para todo t , el valor esperado no condicional es

$$E(y_t) = E\left(\frac{\delta}{1-\phi} + \sum_{j=0}^{\infty} \phi^j e_{t-j}\right) \quad (1.8)$$

$$E(y_t) = \frac{\delta}{1-\phi} + \sum_{j=0}^{\infty} \phi^j E(e_{t-j}) = \frac{\delta}{1-\phi} = \mu$$

esta media constante es distinta de cero si y sólo si $\delta \neq 0$ y $|\phi| < 1$. Debido a que $1 - \phi > 0$, el signo del valor esperado es determinado por el signo de δ .

La varianza no condicional es

$$V(y_t) = E\left[\left(y_t - \frac{\delta}{1-\phi}\right)^2\right] = E\left[\left(\sum_{j=0}^{\infty} \phi^j e_{t-j}\right)^2\right]$$

$$= E\left[e_t + \phi e_{t-1} + \phi^2 e_{t-2} + \dots + 2\phi e_t e_{t-1} + 2\phi^2 e_t e_{t-2} + \dots\right] \quad (1.9)$$

$$= \sigma^2 [1 + \phi^2 + \phi^4 + \dots]$$

$$V(y_t) = \frac{\sigma^2}{1-\phi^2}$$

donde se utiliza el hecho que $E(e_t e_s) = 0$ para $t \neq s$, $E(e_t e_s) = \sigma^2$ para $t = s$, suma de una serie geométrica y $|\phi| < 1$.

Sin embargo, la media condicional no es constante ya que

$$E(y_t | y_{t-1}, \dots) = E_{t-1}(y_t) = \delta + \phi y_{t-1}$$

es decir, depende de las observaciones del periodo previo. La varianza condicional



$$\begin{aligned} V(y_t|y_{t-1}, \dots) &= E[(y_t - E_{t-1}(y_t))^2 | y_{t-1}, \dots] \\ &= E[e_t^2 | y_{t-1}, \dots] = \sigma^2 \end{aligned}$$

es constante, como la varianza no condicional.

En los modelos ARCH propuestos por Engle (1982), bajo el supuesto de normalidad, se permite que la varianza condicional de los residuos cambien linealmente con los residuos al cuadrado rezagados. Permitiendo, además de esto, que la varianza condicional cambie linealmente con las varianzas condicionales de periodos anteriores.

Ahora, se presenta el modelo ARCH propuesto por Engle (1982) y sus generalizaciones tales como el modelo GARCH y los modelos TARCH y EGARCH.

1.7.5 Modelo ARCH(q)

Se asume que la variable dependiente y_t se puede explicar en un modelo de regresión lineal con las variables predeterminadas X_t , el vector de parámetros β y e_t ruido blanco.

$$y_t = X_t' \beta + e_t \quad (2.1)$$

Además de las variables exógenas deterministas y estocásticas, el vector X_t también puede contener variables endógenas rezagadas. El término de error tiene media cero, $E(e_t) = 0$ y una varianza no condicional constante $E(e_t^2) = \sigma^2$. Además, también se asume que e_t no está autocorrelacionado mientras se permite que e_t^2 esté autocorrelacionado. Se asume que esta autocorrelación puede ser capturada por un proceso autorregresivo de orden q , $AR(q)$:



$$e_t^2 = \xi + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \alpha_2 e_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q e_{t-q}^2 + v_t \quad (2.2)$$

donde el proceso $\{v_t\}$ es ruido blanco. El conjunto de información \mathbf{I}_t contiene toda la información disponible hasta el tiempo t .

Entonces

$$\mathbf{I}_{t-1} = \{y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots\}$$

Si el vector de parámetros β es conocido, este conjunto de información también contiene todos los residuos hasta el tiempo $t-1$ porque $e_{t-i} = y_{t-i} - \mathbf{X}'_{t-i}\beta$, con $i = 1, 2, \dots$

La varianza condicional de e_t , h_t^2 se puede escribir como

$$h_t^2 = V[e_t | \mathbf{I}_{t-1}] = V[e_t^2 | \mathbf{I}_{t-1}] \quad (2.3)$$

De (2.2) se obtiene el modelo ARCH(q)

$$h_t^2 = \xi + \sum_{i=1}^q \alpha_i e_{t-i}^2 + v_t \quad (2.4)$$

con $\xi > 0$ y $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, q-1$ y $\alpha_q > 0$. Estas condiciones aseguran que la varianza condicional es siempre positiva. Además, v_t es un nuevo proceso de ruido blanco con



$$E(v_t) = 0$$
$$E(v_t v_\tau) = \begin{cases} \lambda^2 & \text{si } t = \tau \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Si se produce una gran perturbación en la ecuación (2.1), es decir, si hay una gran valor positivo o negativo de e_t , esto conduce, de acuerdo a la relación (2.4) a una serie de grandes valores de la varianza condicional, ya que ésta es función monótonamente creciente de los valores cuadráticos rezagados realizados de e_t . Si la perturbación es pequeña, se supone que se producen pequeñas perturbaciones en un futuro próximo. Cuanto mayor sea el valor de q , más extendidos serán los “conglomerados de volatilidad”.

Para estimación y pruebas de hipótesis deben hacerse supuestos acerca de la distribución condicional de e_t . Siguiendo a Engle (1982), se suele suponer que los residuos siguen una distribución normal condicional

$$e_t | \mathbf{I}_{t-1} \sim N(0, h_t^2) \quad (2.5)$$

1.8.1 Estimación

Siguiendo a Hamilton (1994), para estimar los parámetros de un modelo de regresión con perturbaciones ARCH considérese el modelo de regresión (2.1) donde se asume que

$$e_t = \sqrt{h_t} \cdot v_t \quad (2.6)$$

con $v_t \sim IID N(0,1)$ y



$$h_t = \xi + \sum_{i=1}^q \alpha_i e_{t-i}^2 \quad (2.7)$$

Para estimar parámetros se condiciona respecto a las primeras q observaciones ($t = -q + 1, -q + 2, -q + 3, \dots, 0$) y se usan observaciones $t = 1, 2, 3, \dots, T$ para la estimación. Sea Y_t el vector de observaciones obtenidas hasta la fecha t

$$Y_t = (y_t, y_{t-1}, \dots, y_1, y_0, \dots, y_{-q+1}, \mathbf{x}'_t, \mathbf{x}'_{t-1}, \dots, \mathbf{x}'_1, \mathbf{x}'_0, \dots, \mathbf{x}'_{-q+1})'$$

Si $v_t \sim IID N(0,1)$ e independiente de Y_{t-1} y \mathbf{x}_t entonces la distribución condicional de y_t es normal con media $\mathbf{x}'_t \boldsymbol{\beta}$ varianza h_t :

$$f(y_t | \mathbf{x}_t, Y_{t-1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi h_t}} \exp\left(-\frac{(y_t - \mathbf{x}'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t}\right) \quad (2.8)$$

donde

$$\begin{aligned} h_t &= \xi + \alpha_1 (y_{t-1} - \mathbf{x}'_{t-1} \boldsymbol{\beta})^2 + \alpha_2 (y_{t-2} - \mathbf{x}'_{t-2} \boldsymbol{\beta})^2 + \dots + \alpha_q (y_{t-q} - \mathbf{x}'_{t-q} \boldsymbol{\beta})^2 \quad (2.9) \\ &\equiv [\mathbf{z}_t(\boldsymbol{\beta})]' \boldsymbol{\delta} \end{aligned}$$

para

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\delta} &\equiv (\xi, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q) \\ [\mathbf{z}_t(\boldsymbol{\beta})]' &\equiv [1, (y_{t-1} - \mathbf{x}'_{t-1} \boldsymbol{\beta})^2, (y_{t-2} - \mathbf{x}'_{t-2} \boldsymbol{\beta})^2, \dots, (y_{t-q} - \mathbf{x}'_{t-q} \boldsymbol{\beta})^2] \end{aligned}$$

Los parámetros desconocidos que se estiman están en el vector $(a \times 1)$



$$\boldsymbol{\theta} \equiv (\boldsymbol{\beta}', \boldsymbol{\delta}')$$

Entonces la muestra condicional log verosímil de las primeras q observaciones es

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) \sum_{t=1}^T \log f(y_t | \mathbf{x}_t, Y_{t-1}; \boldsymbol{\theta}) &= \sum_{t=1}^T \log \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}h_t} \exp \left(\frac{-(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t} \right) \right) \\ &= \sum_{t=1}^T \left(\log \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}h_t} \right) + \log \exp \left(\frac{-(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t} \right) \right) \\ &= \sum_{t=1}^T \left(\left(-\frac{1}{2} \log 2\pi h_t \right) + \left(\frac{-(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t} \right) \right) \\ &= \sum_{t=1}^T \left(\left(-\frac{1}{2} \log 2\pi - \frac{1}{2} \log h_t \right) + \left(\frac{-(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t} \right) \right) \\ &= -\left(\frac{T}{2} \right) \log(2\pi) - \left(\frac{1}{2} \right) \sum_{t=1}^T \log(h_t) - \left(\frac{1}{2} \right) \sum_{t=1}^T \left(\frac{(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{h_t} \right) \\ &= -\left(\frac{T}{2} \right) \log(2\pi) - \left(\frac{1}{2} \right) \sum_{t=1}^T \log(h_t) + \sum_{t=1}^T \left(\frac{-(y_t - x'_t \boldsymbol{\beta})^2}{2h_t} \right) \quad (2.10) \end{aligned}$$

Para el valor numérico del vector de parámetro $\boldsymbol{\theta}$, la sucesión de varianzas condicionales se pueden calcular mediante (2.9) y usarlas para evaluar la función log verosímil (2.10). Entonces se puede maximizar utilizando métodos numéricos como el de Newton. La derivada del logaritmo de la verosimilitud condicional de la t -ésima observación con respecto al vector de parámetros se conoce como el t -ésimo score es dado por;

$$\mathbf{s}_t(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\partial \log f(y_t | \mathbf{x}_t, Y_{t-1}; \boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\theta}} = \frac{\{e_t^2 - h_t\}}{2h_t^2} \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^m -2\alpha_j e_{t-j} \mathbf{x}_{t-j} \\ \mathbf{z}_t(\boldsymbol{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\mathbf{x}_t e_t}{h_t} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$



La función de verosimilitud se puede maximizar aplicando el método de scoring.⁸

1.8.2 Pronóstico

Sea

$$e_{t+s}^2 = E(e_{t+s}^2 | e_t^2, e_{t+1}^2, \dots)$$

Dicho pronóstico es posible calcularlo iterando

$$(\hat{e}_{t+j}^2 - \sigma^2) = \alpha_1(\hat{e}_{t+j-1|t}^2 - \sigma^2) + \alpha_2(\hat{e}_{t+j-2|t}^2 - \sigma^2) + \dots + \alpha_q(\hat{e}_{t+j-q|t}^2 - \sigma^2)$$

Para $j = 1, 2, \dots, s$ donde $\hat{e}_{\tau|t}^2 = e_{\tau}^2$ para $\tau \leq t$.

De acuerdo con James Hamilton (1994), el pronóstico s periodos hacia delante converge en probabilidad a σ^2 cuando $s \rightarrow \infty$ asumiendo que v_t tiene varianza finita y que se cumple $\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$.

1.9 Modelo GARCH

La ecuación (2.4) describe un proceso ARCH. Con más generalidad se puede incluir en este proceso p valores rezagados de la varianza condicional

$$h_t^2 = \xi + \sum_{i=1}^q \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \delta_i h_{t-i}^2 \quad (2.11)$$

⁸Engle (1982, pg 997).



La expresión (2.11) es el modelo *Autorregresivo de Heterocedasticidad Condicionada Generalizado*, el modelo $GARCH(p, q)$ propuesto y desarrollado de manera independiente por Bollerslev y Taylor (1986). Donde (p) es el número de rezagos de la varianza y (q) es el número de rezagos de los errores al cuadrado, en éste modelo la volatilidad no sólo depende de las observaciones anteriores, sino de las volatilidades anteriores.

Las condiciones suficientes para la no negatividad de la varianza del modelo (2.11) son $\xi > 0$, $\xi_i \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, q-1$, $\alpha_q > 0$, $\delta_i \geq 0$, $j = 1, 2, \dots, p-1$, $\delta_p > 0$. El modelo GARCH le permite a la varianza condicional ser dependiente de los rezagos anteriores. La varianza condicional del modelo GARCH está cambiando, sin embargo la varianza no condicional es constante y se encuentra dada por

$$Var(e_t) = \frac{\alpha_0}{1 - (\alpha_1 + \beta)}$$

Siempre y cuando $\alpha_1 + \beta < 1$, para $\alpha_1 + \beta \geq 1$ la varianza no condicional de e_t no está definida.

Se dice que el modelo $GARCH(p, q)$ es un modelo más utilizado que el modelo ARCH debido a que es más parsimonioso, es decir su popularidad radica en que permite modelar con menos términos que el modelo ARCH y evita el sobreajuste.

En la literatura se encuentran muchas variaciones del modelo ARCH diseñadas con el objetivo de adaptarlo a los fenómenos económicos y financieros, hay ARCH asimétricos, llamados AARCH, TARARCH o EGARCH, donde la varianza condicional depende no solo de la magnitud de los shock del pasado como en el modelo GARCH, sino también de su signo, por ejemplo donde los movimientos a la baja



del mercado son seguidos por mayor volatilidad que en el caso de los movimientos al alza, como en los modelos de apalancamiento financiero.

1.10 Modelo TARARCH

El modelo TARARCH, modelo Umbral (Threshold) Autorregresivo de Heterocedasticidad Condicionada, es capaz de reproducir efectos asimétricos, introducido por primera vez por Glosten y Jagannathan y Runkle (1993) quienes consideraron una especificación para la varianza condicional distinta a las planteadas anteriormente. El modelo ARCH Threshold asume diferentes modelos GARCH para choques positivos y negativos.

El modelo TARARCH (1,1) puede ser escrito como

$$h_t^2 = \xi + \alpha e_{t-1}^2 + \gamma e_{t-1}^2 d_{t-1} + \delta h_{t-1}^2 \quad (2.12)$$

con

$$d_t = \begin{cases} 1 & \text{si } e_t < 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Si $\gamma > 0$, se observa un efecto multiplicador ya que el impulso $\alpha + \gamma$ de los choques negativos es mayor que el impulso de los choques positivos. Un problema con el modelo TARARCH es que la varianza podría ser negativa si $\delta < 0$.

1.11 Modelo EGARCH

El modelo GARCH exponencial, modelo EGARCH propuesto por Daniel B. Nelson (1991), no sólo captura las asimetrías, sino también asegura que la varianza



condicional sea siempre positiva. Nelson, cita la importancia de considerar diferentes efectos en la estimación de la varianza condicional, según los efectos asimétricos en función del signo de la perturbación en el periodo anterior, respondiendo a lo empíricamente observado, por ejemplo, en los mercados financieros se produce un aumento en la volatilidad mayor cuando la perturbación en el periodo anterior fue negativa que cuando fue positiva.

Los modelos ARCH tradicionales aseguran la estimación de valores positivos en la varianza condicional tanto en los residuos al cuadrado como la varianza condicional, Nelson propone la estimación del modelo en logaritmos, con lo que se obtienen valores de la varianza positivos, aún cuando los parámetros no sean positivos.

El modelo EGARCH (1,1) puede ser escrito como,

$$\log(h_t^2) = \xi + \alpha \left| \frac{e_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \gamma \frac{e_{t-1}}{h_{t-1}} + \delta \log(h_{t-1}^2) \quad (2.13)$$

Aquí se utilizan residuos estandarizados e_t/h_t . Quienes capturan el efecto ARCH son los valores absolutos de los residuos estandarizados y no sus cuadrados. La asimetría es también capturada por los residuos estandarizados. Para $\gamma \neq 0$, se encuentra un efecto ARCH de $\alpha + \gamma$ para residuos positivos y uno de $\alpha - \gamma$ para residuos negativos. Si existe un efecto multiplicador, se espera $\gamma < 0$.



METODOLOGIA

En este capítulo se ajustará un modelo estadísticamente adecuado con fines predictivos, en el caso de que la inflación presente volatilidad variable en el periodo de estudio se ajustarán modelos de la familia ARCH y sus extensiones los cuales están propuestos específicamente para estimar y pronosticar la varianza condicional de una variable con en el propósito de lograr una mejora en los pronósticos.

Los pronósticos que resulten serán comparados con datos reales reportados por INEGI para comprobar la eficiencia de los modelos de la familia ARCH en los pronósticos de series financieras.

2.1 Herramientas Estadísticas para la Identificación de Modelos

Para verificar que el modelo identificado es estadísticamente adecuado se comprueba si el modelo satisface supuestos estadísticos, con pruebas estadísticas, tales como

- Estacionariedad de la Serie, para ello se aplica la Prueba Dickey Fuller Aumentada.
- Autocorrelación de los residuos haciendo uso de las pruebas Ljung-Box y Prueba LM de Correlación Serial
- Normalidad, se aplica la prueba Jarque-Bera, Darling y Alison
- Heterocedasticidad, con la prueba ARCH LM



Prueba Dickey-Fuller

La prueba Dickey – Fuller (DF), es una prueba estadística de raíz unitaria. Para ilustrar esta prueba primero se asumirá que el proceso generador de la serie de datos es de forma autorregresiva

$$y_t = \rho y_{t-1} + e_t, \quad e_t \sim NIID(0, \sigma_e^2)$$

sumando y_{t-1} a esta última ecuación, se obtiene

$$y_t - y_{t-1} = y_{t-1} - \rho y_{t-1} + e_t$$

o

$$\Delta y_t = (1 - \rho)y_{t-1} + e_t$$

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + e_t$$

Para probar que y_t no es estacionaria, las hipótesis nula y alternativa son las siguientes

$$H_0 : \delta = 0 \quad H_a : \delta < 0$$

La prueba Dickey – Fuller se estima a partir de alguna de las siguientes regresiones auxiliares

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + e_t \quad (\text{A})$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \delta y_{t-1} + e_t \quad (\text{B})$$

$$\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta y_{t-1} + e_t \quad (\text{C})$$

donde e_t es un ruido blanco, $\delta = (\rho - 1)$ y Δ es el operador diferencia. Los



modelos anteriores son respectivamente, el modelo sin constante, el modelo con constante y el modelo con constante y tendencia.

La diferencia entre la prueba (DF) y la prueba (DFA) es que en la prueba (DF) se hace el supuesto de que e_t no está correlacionado, pero en la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA) e_t sí está correlacionado, cabe señalar que en esta prueba se sigue probando en la hipótesis nula que $H_0 : \delta = 0$.

Para realizar esta prueba en las tres expresiones (A), (B) y (C) se aumentan los valores rezagados de la variable Δy_t , obteniéndose las siguientes regresiones auxiliares para la prueba DFA.

$$\Delta y_t = (\rho - 1)y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + e_t,$$

$$\Delta y_t = \mu + (\rho - 1)y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + e_t,$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta t + (\rho - 1)y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + e_t$$

Función de Autocorrelación y Función de Autocorrelación Parcial

Las herramientas estadísticas utilizadas en la identificación de modelos para determinar el orden de los polinomios autorregresivos $AR(p)$ y de medias móviles $MA(q)$ fijando los valores de p y de q son la Función de Autocorrelación (FAC) y Función de Autocorrelación Parcial (FACP). En esta etapa de identificación se asocia la Función de Autocorrelación Muestral FAC con un posible proceso generador del tipo $ARMA(p, q)$.



Para un proceso estacionario y_t , con media $E[y_t] = \mu$ y varianza $Var[y_t] = E(y_t - \mu)^2 = \sigma^2$, que son constantes, y las covarianzas $Cov(y_t - y_s)$ que son funciones sólo del tiempo en diferencia $|t - s|$. Por lo tanto, en éste caso se escribe la covarianza entre y_t y y_{t+k} como

$$\gamma_k = Cov(y_t - y_{t+k}) = E(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu)$$

y la correlación entre y_t y y_{t+k} como

$$\rho_k = \frac{Cov(y_t, y_{t+k})}{\sqrt{Var(y_t)}\sqrt{Var(y_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

donde $Var(y_t) = Var(y_{t+k}) = \gamma_0$. Como funciones de k , γ_k es llamada la función de autocovarianza y ρ_k es llamada la Función de Autocorrelación⁹.

En general el orden de un proceso no es posible detectarlo solamente haciendo uso de la FAC muestral, por lo que se requiere de otro instrumento que permita efectuar la identificación del proceso de manera clara, dicho instrumento es la Función de Autocorrelación Parcial muestral (FACP).

Adicional a la autocorrelación entre y_t y y_{t+k} la correlación entre y_t y y_{t+k} , después de su dependencia lineal sobre las variables $y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_{t+k-1}$ es la siguiente correlación condicional

⁹ Ver William Wei pag. 10, 11, 12, 13 y 14 Función de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial.



$$\text{Corr}(y_t, y_{t+k} | y_{t+1}, \dots, y_{t+k-1})$$

Esta expresión es la que usualmente se refiere a la Función de Autocorrelación Parcial en el análisis de series de tiempo.

A continuación en la Tabla 2.1 se muestra el comportamiento de la (FAC) y la (FACP) para los modelos $AR(p)$, $MA(q)$ y $ARMA(p, q)$, las cuales nos van a permitir identificar el modelo.

Tabla 2.1 Comportamientos de FAP y PACF de modelos econométricos.

	$AR(p)$	$MA(q)$	$ARMA(p, q)$
FAC	Decae a cero	Se hace cero después del rezago q	Decae a cero después del rezago q
PACF	Se hace cero después del rezago p	Decae a cero	Decae a cero después del rezago p

Al diagrama de ρ_k contra k se le llama correlograma. Los correlogramas resultantes de la función de autocorrelación y autocorrelación parcial son los gráficos respecto a la longitud del rezago¹⁰.

PruebaLjung-Box

La prueba Ljung-Box es una prueba estadística donde se desea probar la no autocorrelación de los residuos. El estadístico que utiliza esta prueba es el estadístico Q . La hipótesis nula es la siguiente

¹⁰ Ver Maddala 1994 pg. 601, Gujarati pg. 815



$$H_0 : \rho_1(e) = \rho_2(e) = \dots = \rho_k(e) = 0$$

El estadístico de prueba es

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^k (n-k) \gamma_k(\hat{e}_t)$$

Donde n es el número de observaciones para estimar el modelo. El estadístico Q se distribuye como una Chi-cuadrada con $(k-m)$ grados de libertad, donde m es el número de parámetros estimados en un modelo ARIMA.

Prueba LM de Correlación Serial

Esta prueba es una alternativa a la prueba Ljung-Box para probar la correlación serial, la prueba pertenece a la clase asintótica (muestras grandes) a la prueba se le conoce como prueba Multiplicador de Lagrange (LM). La hipótesis nula para la prueba LM es que no existe autocorrelación serial de orden p .

La estadística de prueba se realiza con una regresión auxiliar de la siguiente manera

$$y_t = X_t \beta + \varepsilon_t$$

Donde β son los coeficientes estimados y ε_t son los errores. La estadística de prueba para la orden de los residuos, se basa en la regresión auxiliar de los residuos: $e = y - X\hat{\beta}$:

$$e_t = X_t \gamma + \left(\sum_{s=1}^p \alpha_s e_{t-s} \right) + v_t$$



Esta es una regresión de los residuos sobre los regresores originales X de orden p . En la prueba la distribución utilizada bajo H_0 es la distribución F , en condiciones generales la prueba LM se distribuye asintóticamente como $\chi^2(p)$.

Prueba Jarque-Bera

La Prueba de Jarque-Bera, esta es una prueba de normalidad para verificar que los residuos e_t se distribuyen según la distribución normal, $e_t \sim N$. Para verificar que e_t se distribuye según la distribución normal, $e_t \sim N$ es necesario aplicar una prueba que revise la normalidad de los residuos, la prueba que se aplica a los residuos es la Prueba de Jarque-Bera, esta es una prueba de normalidad, donde la hipótesis nula y la hipótesis alternativa son las siguientes:

$H_0 : y_t$ esta normalmente distribuída.

$H_a : y_t$ no esta normalmente distribuída.

El estadístico de prueba utilizado es el siguiente

$$Jarque - Bera = \frac{N - k}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right),$$

donde S es la asimetría de la distribución alrededor de la media (skewness en ingles), K la curtosis (el tamaño del pico de la distribución), N el número de observaciones de la serie y k representa el número estimado de coeficientes para crear la serie. Una distribución normal tiene una simetría alrededor de la media igual a cero y una curtosis de 3.

Bajo la hipótesis nula de una distribución Normal, la estadística de prueba Jarque-



Bera se distribuye como una Ji-cuadrada χ^2 con dos grados de libertad. En la prueba se rechaza la hipótesis nula de distribución normal si el nivel de significancia es menor al 5%.

Prueba ARCH LM

Para la identificación existe una prueba del tipo multiplicador de Lagrange (LM) que consiste en probar un ARCH(q) contra la no existencia de ARCH. Este es un multiplicador de Lagrange prueba (LM) para heterocedasticidad condicional autorregresiva (ARCH) en los residuos. Para probar la hipótesis nula de que no existe efecto ARCH de orden q en los residuales, se realiza la prueba ARCH LM con la ayuda de una regresión auxiliar.

$$e_t^2 = \beta_0 + \left(\sum_{s=1}^q \beta_s e_{t-s}^2 \right) + v_t$$

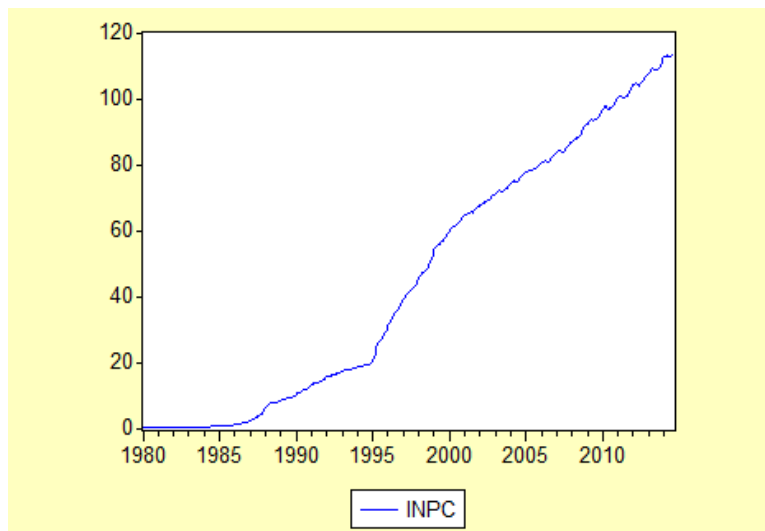
donde e_t^2 es el residual. Esta es una regresión de los residuos al cuadrado sobre una constante y los residuos al cuadrado rezagados de orden q . En ésta prueba se utilizada el estadístico F , el estadístico F es una variable omitida para la significación conjunta de todos los residuos al cuadrado, además también se utiliza es estadístico *Obs * R-squared* esta es la estadística de prueba LM de Engle, calculado como el número de observaciones R^2 de la regresión de prueba. La distribución de la muestra finita de la estadística F bajo H_0 no se conoce, pero la estadística de prueba LM se distribuye asintóticamente como una $\chi^2(q)$ en condiciones generales.



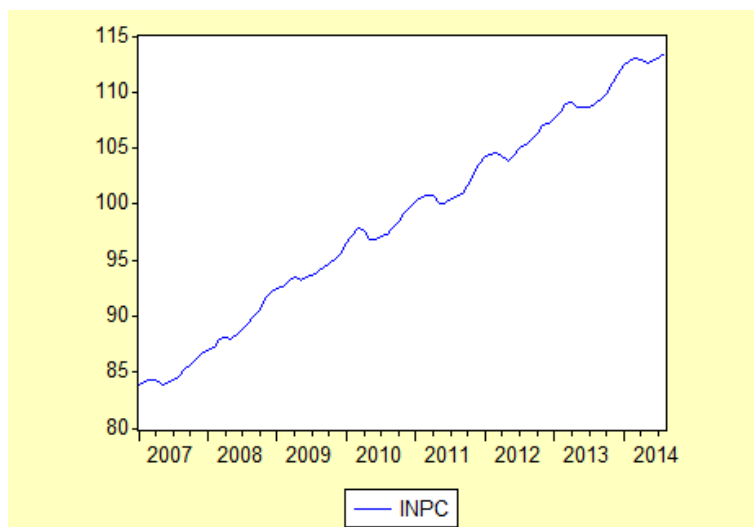
2.2 Aplicación del Modelo

Como se mencionó en el Marco Teórico, la inflación se calcula a partir del Índice Nacional de Precios al Consumidor, a continuación en las Gráficas 2.1 y 2.2 se muestra el comportamiento del INPC, visto desde 1980 y desde el 2007.

Gráfica 2.1 México: INPC 1980-2014. Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco de Información Estadística, INEGI.



Gráfica 2.2 México: INPC 2007-2014. Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco de Información Estadística, INEGI.





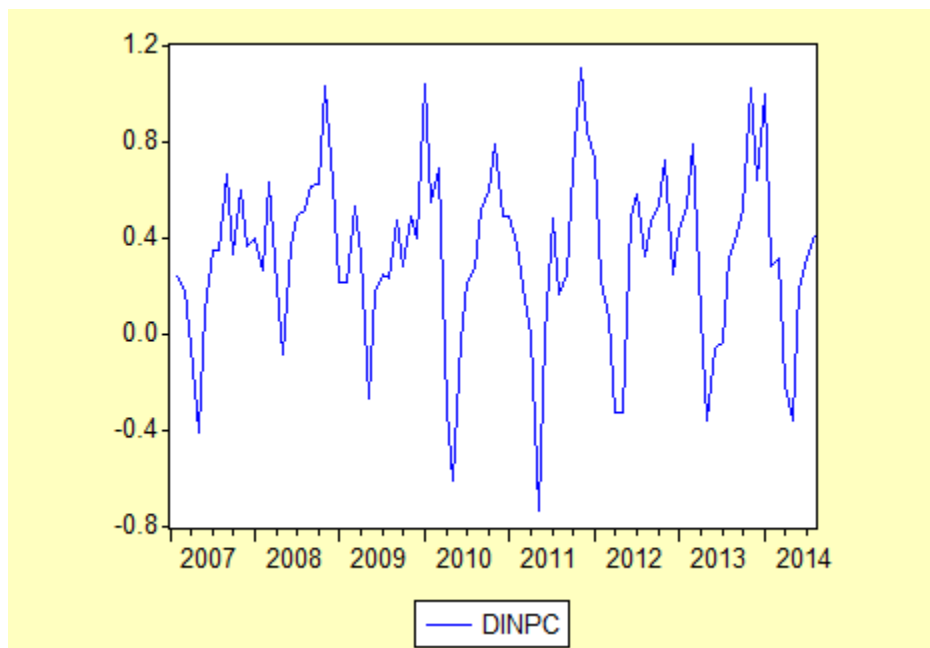
En las Gráficas 2.1 y 2.2 se observa que la media no es constante, crece con el tiempo y además la varianza no es constante, crece con el tiempo, por lo tanto la serie INPC no es estacionaria en covarianza. Un proceso es estacionario en covarianza si la media y la varianza no dependen del tiempo y las autocovarianzas dependen solo de la distancia k entre observaciones, es decir

$$E(y_t) = \mu \text{ para toda } t$$

$$\text{Var}(y_t) = \sigma^2 \text{ para toda } t$$

$$E(y_t, y_{t-k}) = \gamma_k \text{ para toda } t \text{ y toda } k$$

Gráfica 2.3 México: Primera Diferencia del INPC (DINPC) 2007-2014. Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco de Información Estadística, INEGI.



Gráfica 2.3

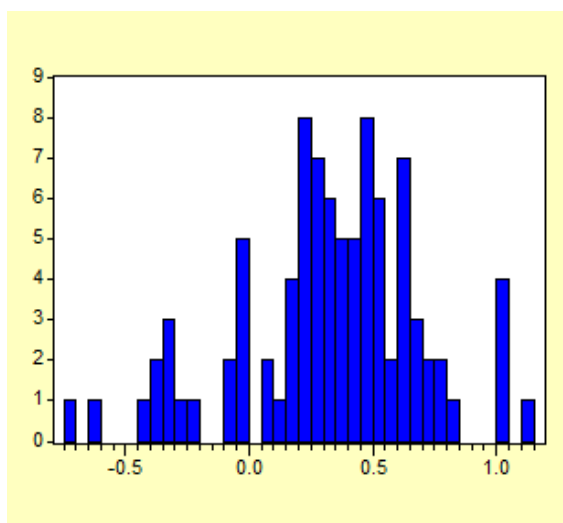
En la Gráfica 2.3 es posible observar “conglomerados de volatilidad”, es decir,



periodos de relativa pequeña volatilidad¹¹ oscilando en una banda de $\pm 0.8\%$ y periodos de relativa alta volatilidad oscilando en una banda de $\pm 1\%$.

En la Gráfica 2.4 se observa una distribución normal en la serie DINPC, lo confirma la prueba Jarque-Bera con P-Valor=0.145414, la distribución es ligeramente leptocúrtica con más masa en el centro y en las colas de la distribución que una distribución normal¹², causada por los conglomerados de volatilidad observados en la Gráfica 2.3.

Gráfica 2.4 México: Histograma de la Primera Diferencia del INPC (DINPC) 2007-2014. Fuente: Elaboración Propia con datos del Banco de Información Estadística, INEGI.



Serie: Inflación	
Asimetría	-0.045605
Curtosis	3.430231
JarqueBera	3.856345
P-Valor	0.145414

¹¹ Definimos la *volatilidad* de una serie de tiempo como su varianza condicional. En series de tiempo financieras, se modela la volatilidad de los retornos. En el caso de la serie inflación, modelamos la inflación continua, es decir, la primera diferencia del INPC. Un modelo estadísticamente adecuado para la volatilidad debe capturar los “conglomerados de volatilidad” (Engle y Patton, 2001). Gráficamente la volatilidad se relaciona con la amplitud de las fluctuaciones de los cambios en las series en torno a su valor esperado.

¹² Mandelbrot (1983) muestra que los datos de mercados financieros se caracterizan por contener más valores extremos que los compatibles con la distribución normal además de exhibir “bloques de volatilidad”: pequeños (grandes) choques son seguidos de pequeños (grandes) choques.



En la Gráfica 2.4 es posible observar que existe un ligero exceso de curtosis (3.856345), mayor de (3.000000) de una distribución normal estándar. Además, la distribución es asimétrica negativa, la asimetría es de (-0.045605), valor diferente de cero (0.000000) de una distribución normal estándar, y el estadístico JarqueBera (P-Valor =0.145414) permite aceptar la hipótesis de distribución normal de la serie DINPC (Primera Diferencia del Índice Nacional de Precios al Consumidor), por lo que se observa que la serie DINPC tiene distribución normal estándar.

Para determinar si una serie de tiempo tiene raíz unitaria se aplica la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada (ADF). La serie DINPC no tiene una raíz unitaria (es débilmente estacionaria) como lo confirma la prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF)¹³ con intercepción, cuyos resultados se presentan en la Tabla 2.2. También se observa que el coeficiente de $DINPC(-1)$ es significativo, a cualquier nivel, dando indicios de existencia de autocorrelación de primer orden, ver anexo B.

¹³Con intercepto y tendencia $ADF = -7.660831$ y sin tendencia ni intercepto $ADF = -3.649097$, el estadístico también permite no aceptar la hipótesis nula de raíz unitaria para la serie DINPC, resultando la serie DINPC estacionaria.



Tabla 2.2 Estadístico ADF de la serie DINPC (Primera Diferencia del INPC). Fuente: Elaboración propia con datos de del Banco de Información Estadística, INEGI.

Prueba DickeyFuller Aumentada

Hipótesis Nula: DINPC tiene raíz unitaria

			Estadístico-t	Prob.
Valores Críticos:			-7.704892	0.0000
	1% level		-3.509281	
	5% level		-2.895924	
	10% level		-2.585172	
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico-t	Prob.
DINPC(-1)	-1.397210	0.181341	-7.704892	0.0000
C	0.476039	0.068344	6.965297	0.0000

El estadístico t , (Estadístico $t = -7.660831$) confirma la no aceptación de la hipótesis de raíz unitaria de la serie DINPC, como se observa en la Tabla 2.2 a nivel de significancia 5%. Debido a que la serie DINPC resultó ser estacionaria, será la serie utilizada para el análisis.

2.2 Aplicación del Modelo ARIMA

En un modelo ARIMA, las herramientas que permiten la identificación del proceso y su orden tentativo inicial de los procesos son los correlogramas de la Función de Autocorrelación muestral (FAC)¹⁴ y de la Función de Autocorrelación Parcial muestral (FACP)¹⁵.

El correlograma muestral de la serie DINPC se muestra en la Gráfica 2.5. Conforme a la Tabla 2.1, el correlograma indica que un proceso autorregresivo de orden 6, AR(6) es el principal modelo posible para la media condicional entre los

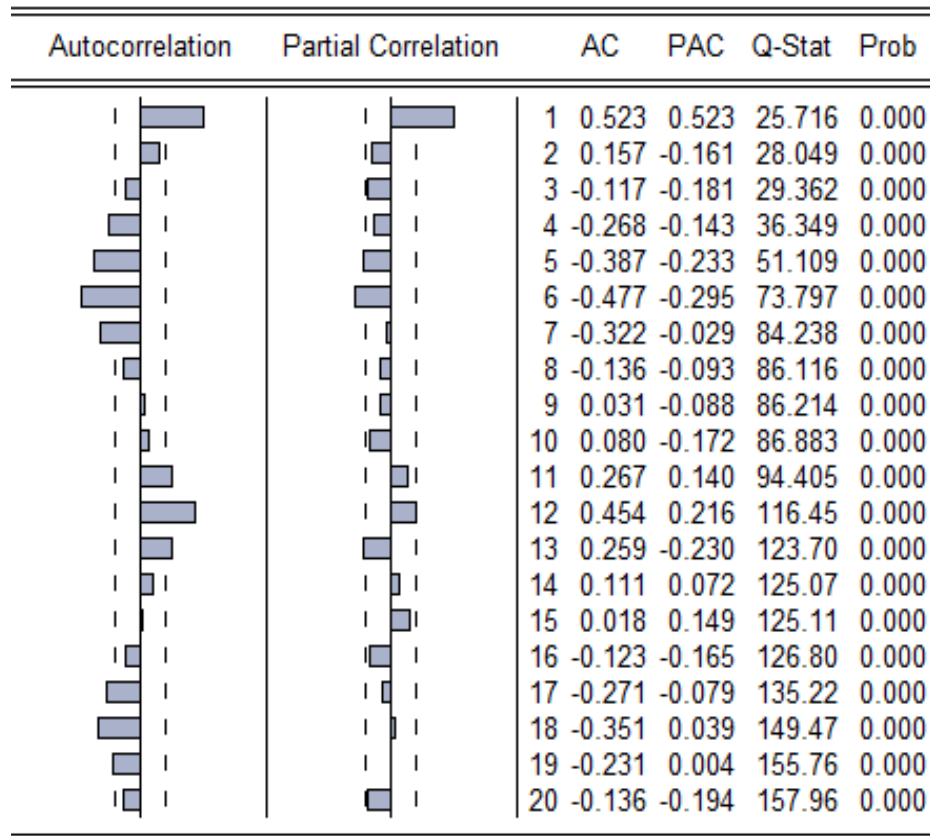
¹⁴ Ver Box - Jenkins 1994 pg. 78

¹⁵ Ver Box - Jenkins 1994 pg. 82



modelos autorregresivos AR(q) alternativos, ya que como se observa en la Gráfica 2.5 la Función de Autocorrelación decae a cero, mientras que la Función de Autocorrelación Parcial se hace cero después del rezago 6.

Gráfica 2.5 Correlograma Muestral de la Primera Diferencia del INPC (DINPC)



Donde:

AC: Función de Autocorrelación muestral.

PAC: Función de Autocorrelación Parcial muestral.

Q-stat: Estadístico Ljung-Box.



Como se mencionó que el modelo inicial posible para la serie DINPC es un AR(6), se estimará un modelo que cumpla los supuestos estadísticos y será el modelo base de análisis.

Se estimó un modelo AR(6) para la media condicional de la serie estacionaria DINPC. Los resultados se muestran en el anexo B. El P-Valor del estadístico t indica que los coeficientes estimados son estadísticamente significativos a nivel de significancia 5%, por lo que no existe multicolinealidad en el modelo, es decir, las variables explicativas del modelo no están correlacionadas, por lo tanto éste supuesto estadístico es adecuado.

La ecuación del modelo ARIMA(6,1,0) es

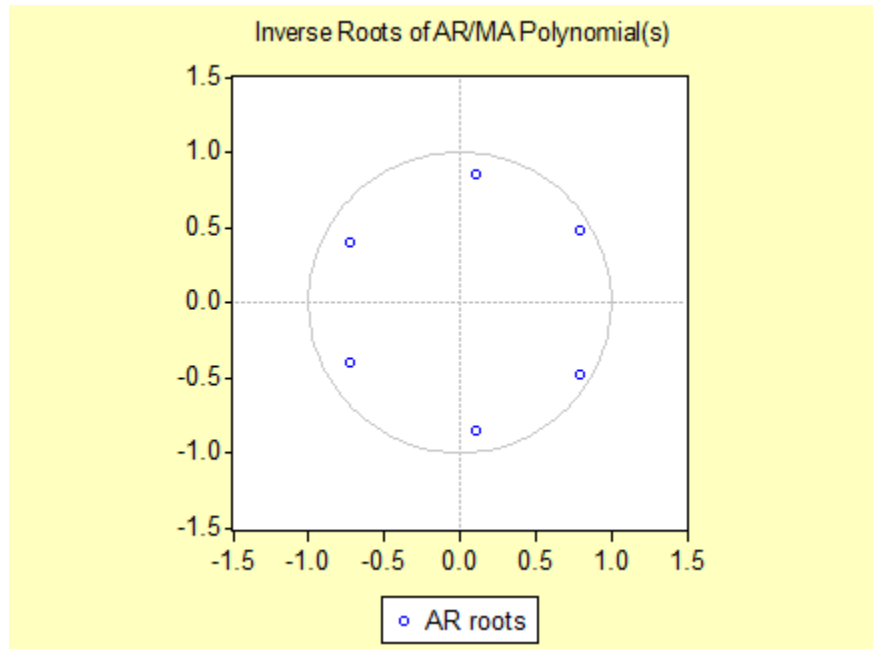
Sea $DLINPC = y_t$

$$y_t = 0.340384 + 0.348623 y_{t-1} - 0.233537 y_{t-3} - 0.445938 y_{t-6}$$
$$t = (15.44171) \quad (3.824231) \quad (-2.913542) \quad (-4.902958)$$

El modelo ARIMA(6,1,0) estimado es estacionario e invertible, pues sus raíces características inversas están dentro del círculo complejo de radio uno, como es posible observar en la Gráfica 2.6.



Gráfica 2.6. Estacionariedad del modelo, círculo unitario complejo.



Los residuos de este modelo no tienen autocorrelación significativa, como lo indica el estadístico Q de Ljung-Box en la Gráfica 2.7,

Gráfica 2.7. Correlograma Muestral de los residuos del modelo AR(6,1,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.001	-0.001	0.0001	
		2	-0.148	-0.148	1.9502	
		3	-0.057	-0.058	2.2383	
		4	-0.066	-0.091	2.6331	0.105
		5	-0.110	-0.134	3.7545	0.153
		6	0.124	0.097	5.2036	0.157
		7	-0.025	-0.073	5.2611	0.262
		8	0.017	0.032	5.2895	0.382
		9	0.072	0.058	5.7997	0.446
		10	-0.105	-0.109	6.8907	0.440



La Prueba de Correlación Serial LM confirma la no autocorrelación en los residuos, en la Tabla 2.3 se observa el resultado.

Tabla 2.3 Prueba de Correlación Serial en el modelo ARIMA(6,1,0)

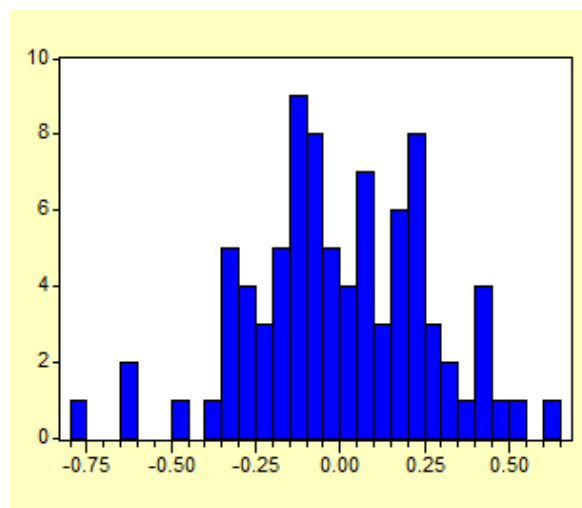
Correlación Serial Breusch-Godfrey Prueba LM:

Estadístico F	1.927640	P-Valor	0.087233
Obs*R-cuadrado	11.35663	P-Valor	0.077960

La prueba Serial LM confirma la no autocorrelación en los residuos en el modelo ARIMA(6,1,0) ya que el estadístico F nos permite aceptar la Hipótesis Nula, (véase anexo B).

El modelo ARIMA(6,1,0) presenta distribución normal, ya que el valor del estadístico Jarque-Bera (Gráfica 2.8) permite aceptar la hipótesis de distribución normal de los residuos a cualquier nivel de significancia. Esto se debe a que la curtosis es 3.110579, la asimetría es -0.166946 y el P-Valor es 0.803264.

Gráfica 2.8 Histograma de residuos estandarizados ARIMA(6,1,0)



Serie: Inflación	
Asimetría	-0.166946
Curtosis	3.110579
Jarque-Bera	0.438145
P-Valor	0.803264



El modelo ARIMA(6,1,0), no presenta heterocedasticidad en los residuos como lo confirma la prueba ARCH LM en la Tabla 2.4, (véase Anexo B).

Tabla 2.4 Prueba ARCH LM para los residuos del modelo ARIMA(6,1,0)

Prueba ARCH:

Estadístico – F	0.668623	P-Valor	0.675196
Obs*R-cuadrado	4.169454	P-Valor	0.653757

El modelo ARIMA(6,1,0), resultó ser estadísticamente adecuado ya que sus coeficientes son significativos, no existe autocorrelación en los residuos, los residuos tienen una distribución normal y el modelo no presenta heterocedasticidad, por lo que será utilizado con fines de pronóstico.

2.2 Aplicación del Modelo de la familia ARCH

Como se describió en el Marco Teórico la volatilidad de una serie se captura mejor con los modelos de la familia ARCH y sus extensiones no lineales (TARCH y EGARCH), por lo que adicional al modelo ARIMA se obtendrá un modelo de la familia ARCH estadísticamente adecuado para fines predictivos.

Para el ajuste del modelo de la familia ARCH en la primera diferencia del Índice Nacional de Precios al Consumidor (DINPC), se considerará como modelo base el modelo para la media condicional, el modelo ARIMA(6,1,0)

$y_t = \phi + \phi y_{t-1} + \phi y_{t-1} + e_t$ y para la varianza condicional se iteró hasta obtener el siguiente modelo estadísticamente adecuado.



Sea $DLINPC = y_t$

$$y_t = 0.334926 + 0.286563 y_{t-1} - 0.220827 y_{t-3} - 0.429371 y_{t-6}$$
$$z = (23.80914) (3.024218) (-3.487056) (-4.587947)$$

$$h_t^2 = 0.05545 - 0.166723 e_{t-1}^2 + 0.464656 h_{t-1}^2 + 0.642503 h_{t-2}^2$$
$$z = (67.17895) (-5.347996) (7.431919) (9.086204)$$

Los valores del estadístico z indican que los coeficientes estimados son significativos al nivel de 5%, (ver anexo B) por lo que no existe multicolinealidad en el modelo, es decir, las variables explicativas del modelo no están correlacionadas, por lo tanto este supuesto estadístico es adecuado. En este caso se obtuvo un modelo GARCH(1,2) donde hay dos rezagos para la varianza h_{t-1}^2 y h_{t-2}^2 y sólo un rezago de errores al cuadrado e_{t-1}^2 , en éste modelo la volatilidad no sólo depende de las observaciones anteriores, sino de las volatilidades anteriores.

Los residuos de este modelo no tienen autocorrelación significativa, como lo indica el estadístico Q de Ljung-Box en la Gráfica 2.9.

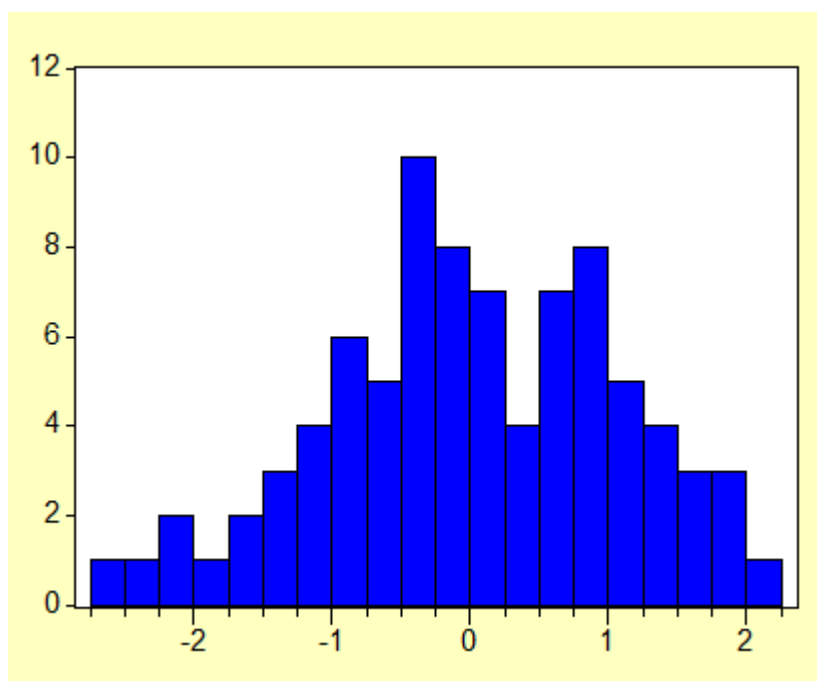


Grafica 2.9. Correlograma Muestral de los residuos del modelo GARCH(1,2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.071	0.071	0.4424	
		2	-0.114	-0.119	1.5939	
		3	-0.079	-0.063	2.1584	
		4	-0.120	-0.126	3.4768	0.062
		5	-0.155	-0.161	5.6869	0.058
		6	0.083	0.070	6.3356	0.096
		7	-0.051	-0.124	6.5780	0.160
		8	0.053	0.050	6.8478	0.232
		9	0.072	0.019	7.3547	0.289
		10	-0.110	-0.135	8.5426	0.287

El valor del estadístico Jarque-Bera (Gráfica 2.10) permite aceptar la hipótesis de distribución normal de los residuos a cualquier nivel de significancia. Esto se debe a que la curtosis es 2.554104 y el P-Valor es 0.503650.

Grafica 2.10. Histograma de los residuos del modelo GARCH(1,2)



Serie: Inflación	
Asimetría	-0.217079
Curtosis	2.554104
JarqueBera	1.371747
P-Valor	0.503650



El modelo GARCH(1,2), no presenta heterocedasticidad en los residuos como lo confirma la prueba ARCH LM en la Tabla 2.5, (véase Anexo B).

Tabla 2.5 Prueba ARCH

Prueba ARCH:

Estadístico-F	0.591819	P-Valor	0.735816
Obs*R-cuadrado	3.713024	P-Valor	0.715445

El modelo GARCH(1,2), resultó ser estadísticamente adecuado ya que sus coeficientes son significativos, no existe autocorrelación en los residuos, los residuos del modelo tienen una distribución normal y no presentan heterocedasticidad, por lo que será utilizado para fines de predicción.

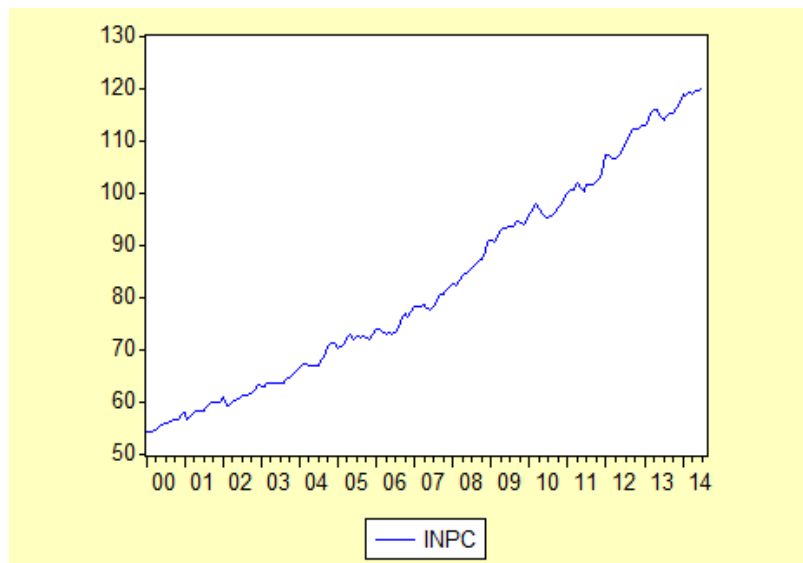


RESULTADOS

En éste capítulo se presentan los pronósticos obtenidos de los dos modelos elegidos que resultaron ser estadísticamente adecuados ARIMA(6,1,0) y GARCH(1,2) y se comentará acerca de su eficiencia.

Uno de los objetivos planteados en ésta tesis fue el de obtener los pronósticos resultantes de los modelos estadísticamente adecuados para la serie de estudio en cuestión, en éste caso el Índice Nacional de Precios al Consumidor, pues como se mencionó en la justificación de esta tesis en la economía es importante conocer las expectativas a cerca de la Inflación ya que permite realizar la planeación financiera en las familias, empresas y en la estructura gubernamental, a continuación se muestra su comportamiento en la Gráfica 3.1.

Gráfica 3.1 Comportamiento del INPC (2000-2014). Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística, INEGI.



En la Tabla 3.1 se presentan los resultados de los pronósticos resultantes de los modelos estadísticamente adecuados.

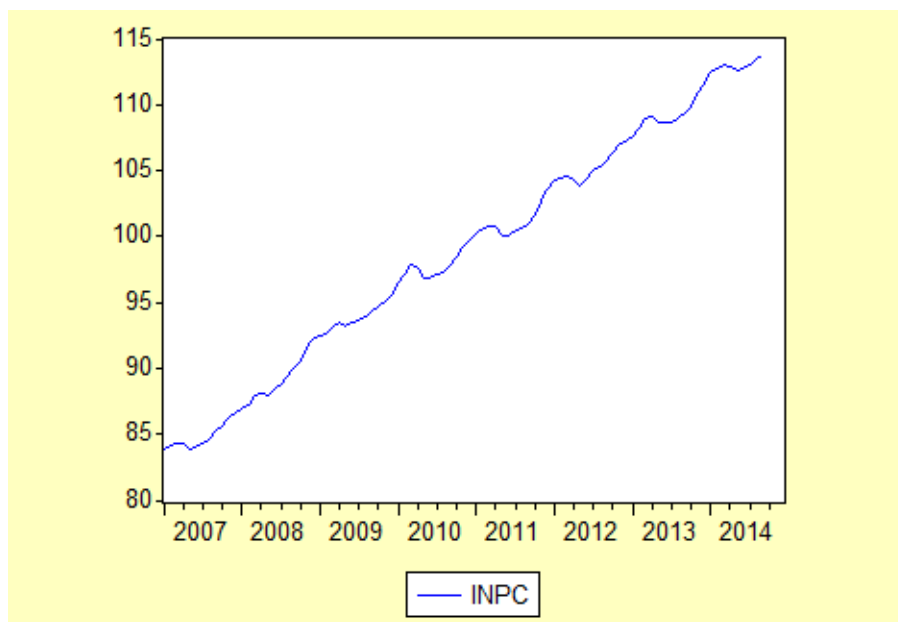


Tabla 3.1 Pronóstico del modelo ARIMA (6,1,0) y del modelo GARCH(1,2), un periodo hacia adelante.

Periodo Pronosticado	Modelo Utilizado	Pronóstico	Valor Reportado INEGI	Variación Porcentual
2014/09	ARIMA(6,1,0)	113.7787	113.9400	0.1406%
2014/09	GARCH(1,2)	113.7729	113.9400	0.1458%

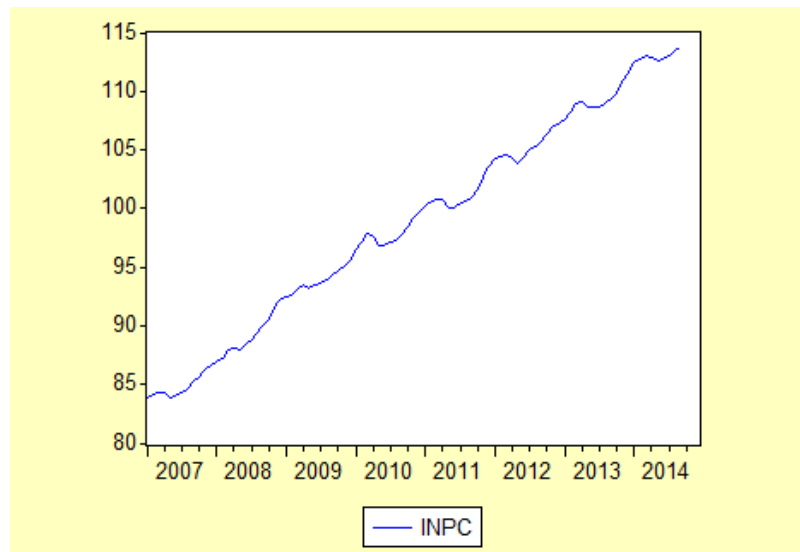
A continuación se muestran las Gráficas del comportamiento del índice Nacional de Precios al Consumidor agregando el periodo pronosticado.

Gráfica 3.2 Pronóstico INPC (2007:01-2014:09) del ARIMA(6,1,0). Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística (INEGI) y del pronóstico obtenido.





Gráfica 3.3 Pronóstico INPC (2007:01-2014:09) del modelo GARCH(1,2). Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística (INEGI) y del pronóstico obtenido.



Es posible observar en la Tabla 3.1 y en las Gráficas 3.2 y 3.3 de los pronósticos ARIMA y GARCH, que el Índice Nacional de Precios al Consumidor va en aumento y de acuerdo al valor reportado por INEGI el pronóstico, los modelos se aproximan al valor real reportado por el Banco de Información Estadística (INEGI), sin embargo el pronóstico resultante del modelo GARCH(1,2) el cual pertenece a la familia ARCH permite capturar mejor las variaciones en el periodo de estudio, capturando mejor los conglomerados de volatilidad.

Una vez obtenido el pronóstico para el Índice Nacional de Precios al consumidor es posible obtener el cálculo de la Inflación para el periodo reportado, conforme a la metodología mostrada en el Capítulo I.



Tabla 3.2 Cálculo de la Inflación. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística y de los pronósticos obtenidos de los modelos ARIMA y GARCH.

Inflación del Periodo	Modelo Utilizado	Inflación	Inflación Real (BIE, INEGI)
2014/(08-09)	ARIMA(6,1,0)	0.3004%	0.4417%
2014/(08-09)	GARCH(1,2)	0.2952%	

En la Tabla 3.2 es posible observar la inflación que existe en el periodo 2014:08 - 2014:09 considerando los pronósticos obtenidos así como la inflación real reportada por el Banco de Información Estadística (BIE) y es posible apreciar que el resultado de calcular la inflación utilizando los pronósticos se aproxima a la inflación real reportada por el Banco de Información Estadística, INEGI.

La eficiencia del pronóstico depende de la calidad de la información¹⁶, si la calidad de la información es buena más certero será el pronóstico, para el caso de la serie de tiempo en estudio la calidad de la información es buena y procedente de fuentes oficiales (Banco de Información Estadística, INEGI). Adicional al argumento anterior, como se mencionó en el objetivo para fines de modelación entre más datos sean considerados en la serie de tiempo INPC, el modelo será más consistente, debido a que desde el enfoque financiero los datos son más consistentes y por lo tanto el pronóstico obtenido a partir del modelo será más adecuado.

16

Víctor Manuel Guerrero Guzmán (2003), Modelos de Pronóstico, Edita Instituto Tecnológico Autónomo de México.

Hamilton James, Time Series Analysis.

Víctor Manuel Guerrero Guzmán, Obtención de pronósticos óptimos, sujetos a restricciones con modelos ARIMA, pg. 21.

Spyros Makridakis, Forecasting: Methods and applications, pg. 449-453.



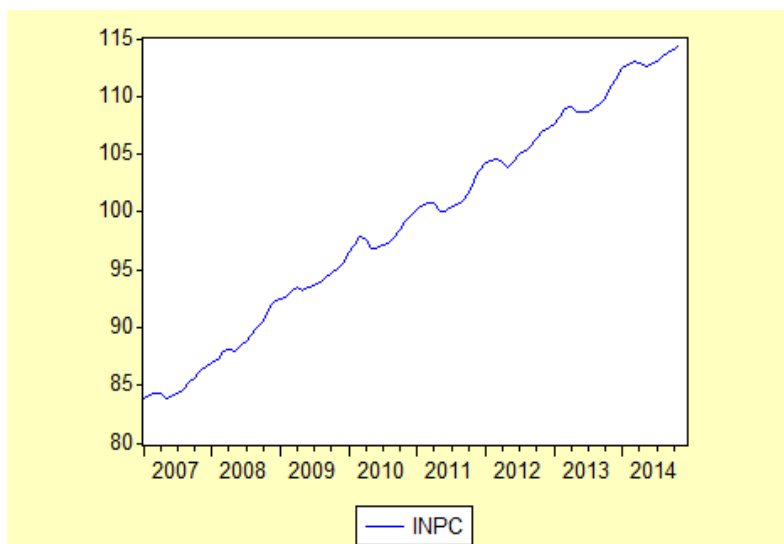
Con base en los argumentos anteriores, a continuación se realizará el pronóstico tres periodos hacia adelante haciendo uso de los modelos obtenidos estadísticamente adecuados.

Tabla 3.3 Pronóstico del modelo ARIMA (6,1,0) y del modelo GARCH(1,2), tres periodos hacia adelante.

Periodo Pronosticado	Modelo Utilizado	Pronóstico
2014/09	ARIMA(6,1,0)	113.7787
2014/10	ARIMA(6,1,0)	114.1188
2014/11	ARIMA(6,1,0)	114.4584
2014/09	GARCH(1,2)	113.7729
2014/10	GARCH(1,2)	114.1077
2014/11	GARCH(1,2)	114.4424

Las Gráficas 3.4 y 3.5 muestran el comportamiento del Índice Nacional de Precios al Consumidor agregando los tres periodos pronosticados.

Gráfica 3.4 Pronóstico INPC (2007:01-2014:11) del modelo ARIMA(6,1,0). Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística (INEGI).





Gráfica 3.5 Pronóstico INPC (2007:01-2014:11) del modelo GARCH(1,2). Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de Información Estadística (INEGI).

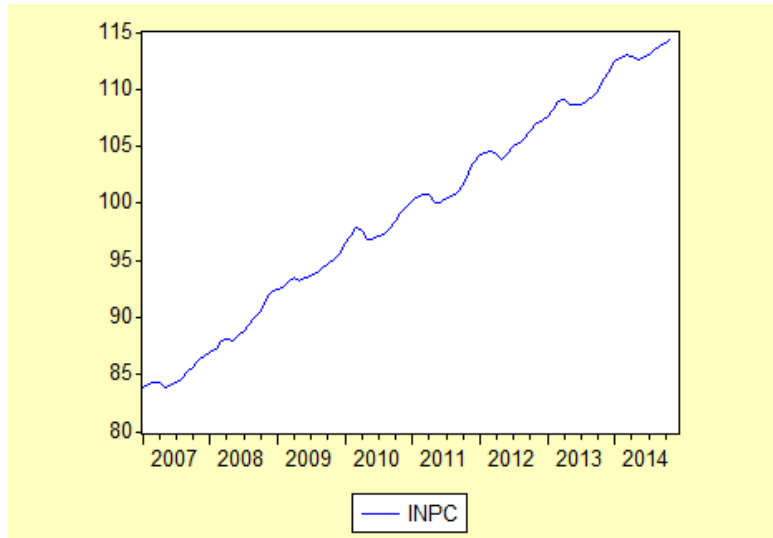


Tabla 3.4 Cálculo de la Inflación. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Estadística y de los pronósticos obtenidos de los modelos ARIMA y GARCH.

Inflación del Periodo	Modelo Utilizado	Inflación
2014/(10-11)	ARIMA(6,1,0)	0.2976%
2014/(10-11)	GARCH(1,2)	0.2934%

En la tabla anterior es posible observar que haciendo uso de los modelos obtenidos es posible obtener un pronóstico de la Inflación en un periodo de tiempo más amplio.



CONCLUSIONES

Para la realización de ésta tesis se planteó la importancia de conocer las expectativas de la inflación con fines de planificación, durante el desarrollo se presentaron en el Marco Teórico las herramientas que permiten su control tales como la política monetaria y fiscal, sin embargo a pesar de existir instrumentos para su control se mostró la existencia de variables que influyen en el comportamiento de la inflación conforme a las prioridades gubernamentales que sean puestas en marcha en cada sexenio presidencial haciendo de la inflación una variable dependiente de las políticas fiscales, monetarias y otras variables (Tipo de Cambio, Oferta Monetaria M1, Tasa de Interés ,Interbancaria, CETES y Remesas) es por ello que es necesario minimizar errores costosos haciendo uso de predicciones adecuadas.

El objetivo de esta tesis se centró en el análisis empírico de la varianza condicional del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), mediante el uso de modelos ARIMA, modelos de la familia ARCH y algunas de sus extensiones no lineales TARARCH y EGARCH, en la Metodología de la presente se utilizaron estas herramientas econométricas con fines predictivos obteniendo dos modelos eficientes:

- El modelo ARIMA(6,1,0) para el cual se obtuvo un pronóstico del INPC de 113.7787 y una inflación de 0.3004% en el periodo 2014/(08-09), y debido a que la eficiencia del pronóstico depende de la calidad de información se realizó el pronóstico tres periodos hacia adelante obteniendo un pronóstico para el INPC de 114.4584 y una inflación de 0.2976%
- Y el Modelo GARCH(1,2), tomando como base el modelo ARIMA(6,1,0) antes mencionado para el cual se obtuvo un pronóstico del INPC de



113.7729 y una inflación de 0.2952% en el periodo 2014/(08-09), para este caso también se realizó el pronóstico tres periodos hacia adelante obteniendo un pronóstico para el INPC de 114.4424 y una inflación de 0.2934%

La Hipótesis en la presente tesis fue exhibir la presencia de “bloques de volatilidad” en la serie INPC de México durante el periodo 2007-2014 (un periodo con crisis económica). En la Gráfica 2.3 fue posible observar conglomerados de volatilidad, la presencia de volatilidad nos llevó a tratar de describir la varianza condicional del INPC, haciendo uso de los modelos de la familia ARCH y sus extensiones no lineales. Debido a que el modelo GARCH(1,2) cumplió con todos los supuestos estadísticos y permite capturar mejor las variaciones en el periodo de estudio, se puede concluir que el modelo GARCH(1,2) describe la varianza condicional del Índice Nacional de Precios al Consumidor de México y es el que se considera más adecuado por considerar en el ajuste la volatilidad variable en el periodo de estudio.

Los modelos de la familia ARCH son muy utilizados en la realización de pronósticos por la eficiencia que muestran al estimar la variación que presentan series del tipo financiero y en el pronóstico de la serie INPC fue una herramienta de utilidad. Algunos de los usuarios de los modelos ARCH y sus extensiones con propósitos de predicción, son la Bolsa Mexicana de Valores¹⁷ y el Banco de México¹⁸.

La eficiencia del pronóstico de los modelos ARIMA y GARCH depende de la calidad de la información, en este caso se contaba con información completa y de una fuente confiable por lo que se presentó el pronóstico uno y tres periodos hacia

¹⁷Economía: Teoría y Práctica, Número 9, 1998.

¹⁸Banco de México Documentos de Investigación. Pronósticos de la Volatilidad de la Inflación de Corto-Plazo Utilizando Precios de Futuros: un Análisis Empírico desde una Perspectiva de Valor en Riesgo.



adelante. Es importante hacer notar que el modelo ARCH, y extensiones, fueron hechos para realizar mejoras en ajuste y pronóstico en las series de tiempo que presentan volatilidad y en éste caso permitió describir la varianza condicional del INPC pero no entender la fuente de donde proviene la variación¹⁹, y es por ello que se realizó el análisis de la serie INPC considerando los factores políticos y económicos de la Índice Nacional de Precios al Consumidor para su comprensión con un enfoque más global.

¹⁹Tsay (2002, p. 86).



BIBLIOGRAFIA

Bollerslev, T. (1986), Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics* 31 (1986), pp. 307 – 327.

Bollerslev T. et. al. (1992), ARCH Modelling in Finance: A Review of the Theory and Empirical Evidence, *Journal of Econometrics* 52 (1992), pp. 5 – 59.

Bollerslev, T. (1987), A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return, *Review of Economics and Statistics* 69, pp. 542 – 547.

Engle, R. F.(1982), Autoregressive Conditional Heteroskedasticity With Estimates of the Variance of U.K. Inflation, *Econometrica* 50, pp. 987 – 1008.

Engle R. F. y Bollerslev T. (1986), E and TIM BOLLERSLEV, Modelling the persistence of Conditional Variances, *Econometric Reviews* 5, pp. 1 – 87.

Geweke, J. (1986), Modelling the Persistence of Conditional Variances: Comment, *Econometric Reviews* 5, pp. 57 – 61.

Glosten L. et. Al. (1993), On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return of Stocks, *Journal of Finance* 48, pp. 1779 – 1801.

Hamilton James. D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton.



Box, George E.P., Jenkins Gwilym (1994), *Time Series Analysis*, New Jersey: Prentice Hall.

Kirchgässner, G, y Wolters, J. (2007), *Introduction to Modern Time Series Analysis*, Springer-Verlag.

George E.P. Box (2008), Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel, *Time series analysis: forecasting and control*, Hoboken, New Jersey : J. Wiley

Mandelbrot, B. (1983), The Variation of Certain Speculative Prices, *Journal of Business* 36, pp. 394 – 419.

Robert F Engle and Andrew J Patton (2001), What good is a volatility model, University of California.

Nelson D. B. (1991), Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, *Econometrica* 59, pp. 347 – 370.

Tsay, R.S. (2002) *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Spyros Makridakis, Steven C. Wheelwright, Víctor E. Mcgee (1983), *Forecasting: Methods and applications*, New York : Wiley.

John E. Hanke (2010), Dean W. Wichel, *Pronósticos en los negocios*, Pearson Educación, Novena Edición.

Aris spanos (1986) *Statistical foundations of econometric modelling*, Cambridge University Press.



Daniel Peña (2005), *Análisis de Series Temporales*, Alianza Editorial.

Álvaro Montenegro García (2011), *Análisis de Series de Tiempo*, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Facultad de Ciencias económicas y Administrativas.

Bruce L. Bowerman, Richard T O' Connell, Anne B. Koehler (2007), *Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión, Un enfoque aplicado*, Cengage Learning, Cuarta Edición.

Víctor Manuel Guerrero Guzmán (2003), *Modelos de Pronóstico*, Edita Instituto Tecnológico Autónomo de México.

Víctor Manuel Guerrero Guzmán (2009), *Análisis Estadístico de Series de Tiempo Económicas*, Universidad Autónoma Metropolitana.

Víctor Manuel Guerrero (1987), *Obtención de pronósticos óptimos, sujetos a restricciones con modelos ARIMA*, cuadernos de trabajo, Instituto Tecnológico Autónomo de México, División Académica de Economía.

Wei William W.S. (1990), *Time Series Analysis univariate and multivariate methods*, Addison-Wesley, United States.

Walter A. Shewhart and Samuel S. Wilks, (2004), *Applied Econometric Time Series established*.

Peter Kennedy (1998), *A guide to econometrics*, The MIT Press Cambridge .

Dimitrios Asteriou and Stephen G. Hall (2007), *Applied Econometrics a Modern Approach using EViews and Microfit*, Palgrave.



Jack Johston, John Dinardo (1997), *Econometric Methods*, New York: McGraw Hill.

Christian Gourieroux (1997), *Arch Models in Financial Applications*, Springer.

Maddala, G.S. (1996), *Introducción a la Econometría*, Prentice Hall.

Ross, Sheldon, M (2003), *Introduction to Probability Models*, Academic Press, United States of America, Eighth Edition.

Robert E Hall y John B Taylor, (1993), *Macroeconomics: theory, performance, and policy*, W.W. Norton.

Rudiger Dornbusch y Stanley Fischer (1994), *Macroeconomía*, McGraw- Hill.

Damodar N. Gujarati (2004), *Econometría*, McGraw-Hill.

Paul A. Samuelson, William D. Nordhaus (2006), *Economía*, McGraw Hill.

Robert L. Heilbroner (1987), *Economía*, Fondo de Cultura Económica, Segunda Edición.

Peijie Wang (2009), *Financial Econometrics*, Second Edition.

Chris Brooks (2008), *Introductory Econometrics for Finance*, Second Edition.

Ernesto Ramírez Solano (Junio 2009), *El Dinero y la Política Monetaria en México*, Primera edición.

Alfredo Sánchez Daza (1997), *Lecturas de Política Monetaria y Financiera*,



Universidad Autónoma de México, primera Edición.

Economía: Teoría y Práctica, Número 9, 1998 Universidad Autónoma de México.

David Ibarra (2010), Paradigmas Monetarios en México, Facultad de Economía, UNAM, Primera Edición.

Domingo Rodríguez Benavides (2011), La Política Monetaria de Objetivos, Tesis Doctoral, UNAM.

Víctor Membrillo Zarco (2012), Modelos de Varianza Condicional para Estimar el Valor en Riesgo del Mercado, tesis de Maestría en Ingeniería, Ingeniería en Sistemas-Investigación de operaciones, UNAM.

Rafael de Arce, (1998) I.L Klein Introducción a los Modelos Autorregresivos con Heterocedasticidad Condicional (ARCH), Universidad Autónoma de Madrid.

Política Monetaria (2008), Informe sobre la Política Monetaria en México, Banco de México.

Política Monetaria e Inflación, Preguntas Frecuentes INPC.pdf, Banco de México.

Documento Metodológico INPC

<http://www.bancomexico.gob.mx/politica-monetaria-e-inflacion/material-de-referencia/intermedio/inflacion/elaboracion-inpc>

Calculo de la Inflación:

http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/Documentos/Calculadora_de_Inflacion.pdf



<http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/politica-monetaria-semestral/%7B8DD49351-C84B-267C-2989-49E739C55914%7D.pdf>

www.tesoreria.html

www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/documentos-de-investigacion/banxico/%7BD0898213-D394-1D41-5C82-C3232F85FBEE%7D.pdf

http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/preguntas_frecuentes/Paginas/ieps.aspx

http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/rarce/tesis/pdf/egarch.pdf



APENDICE

APENDICE A

Tabla A.1. Datos INPC. Fuente: Banco de Información Estadística BIE, INEGI.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1980/01	0.07	1985/05	0.76	1990/09	11.94	1996/01	31.05	2004/02	74.69	2009/06	93.42
1980/02	0.07	1985/06	0.78	1990/10	12.12	1996/02	31.78	2004/03	74.94	2009/07	93.67
1980/03	0.07	1985/07	0.81	1990/11	12.44	1996/03	32.48	2004/04	75.05	2009/08	93.90
1980/04	0.07	1985/08	0.85	1990/12	12.83	1996/04	33.40	2004/05	74.86	2009/09	94.37
1980/05	0.07	1985/09	0.88	1991/01	13.16	1996/05	34.01	2004/06	74.98	2009/10	94.65
1980/06	0.08	1985/10	0.91	1991/02	13.39	1996/06	34.57	2004/07	75.18	2009/11	95.14
1980/07	0.08	1985/11	0.96	1991/03	13.58	1996/07	35.06	2004/08	75.64	2009/12	95.54
1980/08	0.08	1985/12	1.02	1991/04	13.72	1996/08	35.52	2004/09	76.27	2010/01	96.58
1980/09	0.08	1986/01	1.11	1991/05	13.85	1996/09	36.09	2004/10	76.80	2010/02	97.13
1980/10	0.08	1986/02	1.16	1991/06	14.00	1996/10	36.54	2004/11	77.45	2010/03	97.82
1980/11	0.08	1986/03	1.21	1991/07	14.12	1996/11	37.09	2004/12	77.61	2010/04	97.51
1980/12	0.08	1986/04	1.28	1991/08	14.22	1996/12	38.28	2005/01	77.62	2010/05	96.90
1981/01	0.09	1986/05	1.35	1991/09	14.36	1997/01	39.27	2005/02	77.88	2010/06	96.87
1981/02	0.09	1986/06	1.43	1991/10	14.53	1997/02	39.93	2005/03	78.23	2010/07	97.08
1981/03	0.09	1986/07	1.51	1991/11	14.89	1997/03	40.42	2005/04	78.50	2010/08	97.35
1981/04	0.09	1986/08	1.63	1991/12	15.24	1997/04	40.86	2005/05	78.31	2010/09	97.86
1981/05	0.09	1986/09	1.72	1992/01	15.52	1997/05	41.23	2005/06	78.23	2010/10	98.46
1981/06	0.10	1986/10	1.82	1992/02	15.70	1997/06	41.60	2005/07	78.54	2010/11	99.25
1981/07	0.10	1986/11	1.95	1992/03	15.86	1997/07	41.96	2005/08	78.63	2010/12	99.74
1981/08	0.10	1986/12	2.10	1992/04	16.00	1997/08	42.33	2005/09	78.95	2011/01	100.23
1981/09	0.10	1987/01	2.27	1992/05	16.11	1997/09	42.86	2005/10	79.14	2011/02	100.60
1981/10	0.10	1987/02	2.43	1992/06	16.22	1997/10	43.20	2005/11	79.71	2011/03	100.80
1981/11	0.11	1987/03	2.59	1992/07	16.32	1997/11	43.69	2005/12	80.20	2011/04	100.79
1981/12	0.11	1987/04	2.82	1992/08	16.42	1997/12	44.30	2006/01	80.67	2011/05	100.05
1982/01	0.11	1987/05	3.03	1992/09	16.56	1998/01	45.26	2006/02	80.79	2011/06	100.04
1982/02	0.12	1987/06	3.25	1992/10	16.68	1998/02	46.06	2006/03	80.9	2011/07	100.52
1982/03	0.12	1987/07	3.52	1992/11	16.82	1998/03	46.60	2006/04	81.01	2011/08	100.68
1982/04	0.13	1987/08	3.80	1992/12	17.06	1998/04	47.03	2006/05	80.65	2011/09	100.93
1982/05	0.14	1987/09	4.05	1993/01	17.27	1998/05	47.41	2006/06	80.72	2011/10	101.61
1982/06	0.14	1987/10	4.39	1993/02	17.42	1998/06	47.97	2006/07	80.94	2011/11	102.71
1982/07	0.15	1987/11	4.74	1993/03	17.52	1998/07	48.43	2006/08	81.36	2011/12	103.55



APENDICE

1982/08	0.17	1987/12	5.44	1993/04	17.62	1998/08	48.89	2006/09	82.18	2012/01	104.28
1982/09	0.18	1988/01	6.28	1993/05	17.72	1998/09	49.69	2006/10	82.54	2012/02	104.50
1982/10	0.19	1988/02	6.80	1993/06	17.82	1998/10	50.40	2006/11	82.97	2012/03	104.56
1982/11	0.20	1988/03	7.15	1993/07	17.90	1998/11	51.29	2006/12	83.45	2012/04	104.23
1982/12	0.22	1988/04	7.37	1993/08	18.00	1998/12	52.54	2007/01	83.88	2012/05	103.90
1983/01	0.24	1988/05	7.52	1993/09	18.13	1999/01	53.87	2007/02	84.12	2012/06	104.38
1983/02	0.25	1988/06	7.67	1993/10	18.21	1999/02	54.59	2007/03	84.30	2012/07	104.96
1983/03	0.27	1988/07	7.80	1993/11	18.29	1999/03	55.10	2007/04	84.25	2012/08	105.28
1983/04	0.28	1988/08	7.87	1993/12	18.43	2002/01	67.75	2007/05	83.84	2012/09	105.74
1983/05	0.29	1988/09	7.91	1994/01	18.57	2002/02	67.71	2007/06	83.94	2012/10	106.28
1983/06	0.31	1988/10	7.97	1994/02	18.67	2002/03	68.06	2007/07	84.29	2012/11	107.00
1983/07	0.32	1988/11	8.08	1994/03	18.76	2002/04	68.43	2007/08	84.64	2012/12	107.25
1983/08	0.33	1988/12	8.25	1994/04	18.85	2002/05	68.57	2007/09	85.30	2013/01	107.68
1983/09	0.34	1989/01	8.45	1994/05	18.94	2002/06	68.90	2007/10	85.63	2013/02	108.21
1983/10	0.35	1989/02	8.57	1994/06	19.04	2002/07	69.10	2007/11	86.23	2013/03	109.00
1983/11	0.38	1989/03	8.66	1994/07	19.12	2002/08	69.36	2007/12	86.59	2013/04	109.07
1983/12	0.39	1989/04	8.79	1994/08	19.21	2002/09	69.78	2008/01	86.99	2013/05	108.71
1984/01	0.42	1989/05	8.91	1994/09	19.35	2002/10	70.09	2008/02	87.25	2013/06	108.65
1984/02	0.44	1989/06	9.02	1994/10	19.45	2002/11	70.65	2008/03	87.88	2013/07	108.61
1984/03	0.46	1989/07	9.11	1994/11	19.55	2002/12	70.96	2008/04	88.08	2013/08	108.92
1984/04	0.48	1989/08	9.19	1994/12	19.73	2003/01	71.25	2008/05	87.99	2013/09	109.33
1984/05	0.49	1989/09	9.28	1995/01	20.47	2003/02	71.45	2008/06	88.35	2013/10	109.85
1984/06	0.51	1989/10	9.42	1995/02	21.34	2003/03	71.90	2008/07	88.84	2013/11	110.87
1984/07	0.53	1989/11	9.55	1995/03	22.59	2003/04	72.02	2008/08	89.35	2013/12	111.51
1984/08	0.54	1989/12	9.87	1995/04	24.39	2003/05	71.79	2008/09	89.96	2014/01	112.51
1984/09	0.56	1990/01	10.35	1995/05	25.41	2003/06	71.85	2008/10	90.58	2014/02	112.79
1984/10	0.58	1990/02	10.59	1995/06	26.22	2003/07	71.95	2008/11	91.61	2014/03	113.10
1984/11	0.60	1990/03	10.77	1995/07	26.75	2003/08	72.17	2008/12	92.24	2014/04	112.89
1984/12	0.62	1990/04	10.94	1995/08	27.2	2003/09	72.60	2009/01	92.45	2014/05	112.53
1985/01	0.67	1990/05	11.13	1995/09	27.76	2003/10	72.86	2009/02	92.66	2014/06	112.72
1985/02	0.70	1990/06	11.37	1995/10	28.33	2003/11	73.47	2009/03	93.19	2014/07	113.03
1985/03	0.72	1990/07	11.58	1995/11	29.03	2003/12	73.78	2009/04	93.52	2014/08	113.44
1985/04	0.75	1990/08	11.78	1995/12	29.98	2004/01	74.24	2009/05	93.25	2014/09	113.94



Tabla A.2. Datos Tipo de Cambio. Fuente: Banco de Información Estadística BIE, INEGI.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1980/01	0.0228	1986/12	0.8898	1993/11	3.1553	2000/10	9.5182	2007/09	11.0450
1980/02	0.0228	1987/01	0.9508	1993/12	3.1077	2000/11	9.5179	2007/10	10.8418
1980/03	0.0228	1987/02	1.0170	1994/01	3.1075	2000/12	9.4439	2007/11	10.8658
1980/04	0.0228	1987/03	1.0877	1994/02	3.1115	2001/01	9.7701	2007/12	10.8494
1980/05	0.0229	1987/04	1.1569	1994/03	3.2841	2001/02	9.7027	2008/01	10.9171
1980/06	0.0229	1987/05	1.2306	1994/04	3.3536	2001/03	9.6182	2008/02	10.7794
1980/07	0.0230	1987/06	1.3113	1994/05	3.3120	2001/04	9.3508	2008/03	10.7346
1980/08	0.0230	1987/07	1.3844	1994/06	3.3607	2001/05	9.1467	2008/04	10.5295
1980/09	0.0230	1987/08	1.4542	1994/07	3.4009	2001/06	9.0957	2008/05	10.4542
1980/10	0.0230	1987/09	1.5291	1994/08	3.3821	2001/07	9.1560	2008/06	10.3305
1980/11	0.0231	1987/10	1.6053	1994/09	3.3998	2001/08	9.1272	2008/07	10.2390
1980/12	0.0232	1987/11	1.6979	1994/10	3.4158	2001/09	9.3841	2008/08	10.0906
1981/01	0.0233	1987/12	2.0074	1994/11	3.4426	2001/10	9.3685	2008/09	10.5744
1981/02	0.0235	1988/01	2.2124	1994/12	3.9308	2001/11	9.2223	2008/10	12.4738
1981/03	0.0236	1988/02	2.2479	1995/01	5.5133	2001/12	9.1672	2008/11	13.0609
1981/04	0.0239	1988/03	2.2809	1995/02	5.6854	2002/01	9.1614	2008/12	13.3726
1981/05	0.0241	1988/04	2.2810	1995/03	6.7019	2002/02	9.1062	2009/01	13.8492
1981/06	0.0243	1988/05	2.2810	1995/04	6.2996	2002/03	9.0809	2009/02	14.5180
1981/07	0.0245	1988/06	2.2810	1995/05	5.9627	2002/04	9.1317	2009/03	14.7393
1981/08	0.0247	1988/07	2.2810	1995/06	6.2232	2002/05	9.4899	2009/04	13.4890
1981/09	0.0250	1988/08	2.2810	1995/07	6.1394	2002/06	9.7378	2009/05	13.2167
1981/10	0.0253	1988/09	2.2810	1995/08	6.1909	2002/07	9.7978	2009/06	13.3439
1981/11	0.0256	1988/10	2.2810	1995/09	6.3025	2002/08	9.8258	2009/07	13.3619
1981/12	0.0260	1988/11	2.2810	1995/10	6.6911	2002/09	10.0425	2009/08	13.0015
1982/01	0.0264	1988/12	2.2810	1995/11	7.6584	2002/10	10.0961	2009/09	13.3987
1982/02	0.0322	1989/01	2.2954	1995/12	7.6597	2002/11	10.2032	2009/10	13.2626
1982/03	0.0455	1989/02	2.3249	1996/01	7.5048	2002/12	10.1982	2009/11	13.1305
1982/04	0.0457	1989/03	2.3547	1996/02	7.5042	2003/01	10.5762	2009/12	12.8504
1982/05	0.0465	1989/04	2.3851	1996/03	7.5736	2003/02	10.9216	2010/01	12.8070
1982/06	0.0473	1989/05	2.4155	1996/04	7.4713	2003/03	10.9427	2010/02	12.9624
1982/07	0.0482	1989/06	2.4459	1996/05	7.4345	2003/04	10.6324	2010/03	12.6138
1982/08	0.0695	1989/07	2.4765	1996/06	7.5425	2003/05	10.2506	2010/04	12.2420
1982/09	0.0700	1989/08	2.5074	1996/07	7.6229	2003/06	10.4953	2010/05	12.6826
1982/10	0.0700	1989/09	2.5380	1996/08	7.5141	2003/07	10.4434	2010/06	12.7234
1982/11	0.0700	1989/10	2.5685	1996/09	7.5447	2003/08	10.7327	2010/07	12.8341



APENDICE

1982/12	0.0805	1989/11	2.5991	1996/10	7.6851	2003/09	10.9255	2010/08	12.7261
1983/01	0.0966	1989/12	2.6298	1996/11	7.9189	2003/10	11.1704	2010/09	12.8610
1983/02	0.1024	1990/01	2.6604	1996/12	7.8767	2003/11	11.1145	2010/10	12.4535
1983/03	0.1062	1990/02	2.6900	1997/01	7.8299	2003/12	11.2629	2010/11	12.3251
1983/04	0.1102	1990/03	2.7195	1997/02	7.7926	2004/01	10.9308	2010/12	12.4011
1983/05	0.1142	1990/04	2.7502	1997/03	7.9628	2004/02	11.0128	2011/01	12.1477
1983/06	0.1181	1990/05	2.7804	1997/04	7.9037	2004/03	10.9984	2011/02	12.0726
1983/07	0.1221	1990/06	2.8074	1997/05	7.9057	2004/04	11.2535	2011/03	12.0173
1983/08	0.1261	1990/07	2.8317	1997/06	7.9465	2004/05	11.5119	2011/04	11.7584
1983/09	0.1301	1990/08	2.8565	1997/07	7.8857	2004/06	11.3790	2011/05	11.6479
1983/10	0.1341	1990/09	2.8810	1997/08	7.7843	2004/07	11.4735	2011/06	11.7920
1983/11	0.1380	1990/10	2.9054	1997/09	7.7792	2004/08	11.3957	2011/07	11.6760
1983/12	0.1420	1990/11	2.9278	1997/10	7.8114	2004/09	11.4858	2011/08	12.1707
1984/01	0.1460	1990/12	2.9409	1997/11	8.2837	2004/10	11.3864	2011/09	12.9291
1984/02	0.1499	1991/01	2.9532	1997/12	8.1360	2004/11	11.3938	2011/10	13.4808
1984/03	0.1538	1991/02	2.9650	1998/01	8.1798	2004/12	11.2100	2011/11	13.6358
1984/04	0.1578	1991/03	2.9769	1998/02	8.4932	2005/01	11.2556	2011/12	13.7516
1984/05	0.1617	1991/04	2.9890	1998/03	8.5689	2005/02	11.1502	2012/01	13.5047
1984/06	0.1657	1991/05	3.0012	1998/04	8.4996	2005/03	11.1326	2012/02	12.8014
1984/07	0.1697	1991/06	3.0134	1998/05	8.5612	2005/04	11.1262	2012/03	12.7561
1984/08	0.1737	1991/07	3.0256	1998/06	8.8948	2005/05	10.9920	2012/04	13.0512
1984/09	0.1777	1991/08	3.0380	1998/07	8.9040	2005/06	10.8340	2012/05	13.5556
1984/10	0.1816	1991/09	3.0502	1998/08	9.2596	2005/07	10.6931	2012/06	13.9820
1984/11	0.1856	1991/10	3.0624	1998/09	10.2154	2005/08	10.6703	2012/07	13.3894
1984/12	0.1900	1991/11	3.0698	1998/10	10.1523	2005/09	10.7791	2012/08	13.1790
1985/01	0.1953	1991/12	3.0700	1998/11	9.9874	2005/10	10.8312	2012/09	12.9871
1985/02	0.2003	1992/01	3.0685	1998/12	9.9117	2005/11	10.6903	2012/10	12.8728
1985/03	0.2058	1992/02	3.0636	1999/01	10.1104	2005/12	10.6201	2012/11	13.0872
1985/04	0.2122	1992/03	3.0664	1999/02	10.0150	2006/01	10.5679	2012/12	12.8670
1985/05	0.2186	1992/04	3.0680	1999/03	9.7694	2006/02	10.4813	2013/01	12.7219
1985/06	0.2250	1992/05	3.0980	1999/04	9.4461	2006/03	10.7061	2013/02	12.7144
1985/07	0.2418	1992/06	3.1185	1999/05	9.3623	2006/04	11.0206	2013/03	12.5745
1985/08	0.2853	1992/07	3.1165	1999/06	9.5418	2006/05	11.0758	2013/04	12.2249
1985/09	0.2972	1992/08	3.0913	1999/07	9.3671	2006/06	11.3864	2013/05	12.2522
1985/10	0.3120	1992/09	3.0862	1999/08	9.3981	2006/07	11.0268	2013/06	12.9361
1985/11	0.3289	1992/10	3.1185	1999/09	9.3403	2006/08	10.8739	2013/07	12.7851
1985/12	0.3549	1992/11	3.1198	1999/10	9.5403	2006/09	10.9722	2013/08	12.8704
1986/01	0.3858	1992/12	3.1182	1999/11	9.4205	2006/10	10.9201	2013/09	13.0925
1986/02	0.4180	1993/01	3.1100	1999/12	9.4151	2006/11	10.8948	2013/10	13.0187



APENDICE

1986/03	0.4565	1993/02	3.0989	2000/01	9.4793	2006/12	10.8650	2013/11	13.0634
1986/04	0.4873	1993/03	3.1083	2000/02	9.4456	2007/01	10.9344	2013/12	13.0098
1986/05	0.5175	1993/04	3.0955	2000/03	9.2959	2007/02	10.9880	2014/01	13.1981
1986/06	0.5537	1993/05	3.1227	2000/04	9.3748	2007/03	11.1250	2014/02	13.2888
1986/07	0.5989	1993/06	3.1213	2000/05	9.5081	2007/04	10.9924	2014/03	13.2154
1986/08	0.6608	1993/07	3.1236	2000/06	9.7978	2007/05	10.8301	2014/04	13.0681
1986/09	0.7202	1993/08	3.1126	2000/07	9.4688	2007/06	10.8338	2014/05	12.9479
1986/10	0.7761	1993/09	3.1127	2000/08	9.2846	2007/07	10.7963	2014/06	12.9832
1986/11	0.8306	1993/10	3.1142	2000/09	9.3319	2007/08	11.0363	2014/07	12.9734

Tabla A.3. Datos M1. Fuente: Banco de Información Estadística BIE, INEGI.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1985/12	3447100	1993/02	126283697	2000/04	457850684	2007/06	1173870943
1986/01	3093599.6	1993/03	124417159	2000/05	463893571	2007/07	1162951129
1986/02	3149654	1993/04	124494574	2000/06	486757935	2007/08	1172977863
1986/03	3424860	1993/05	128193168	2000/07	487734713	2007/09	1199113268
1986/04	3276084	1993/06	130906015	2000/08	477009880	2007/10	1178915663
1986/05	3387734	1993/07	132109404	2000/09	483268293	2007/11	1213218553
1986/06	3625030	1993/08	130677665	2000/10	484286856	2007/12	1350053428
1986/07	3618274	1993/09	131300992	2000/11	510799609	2008/01	1268094654
1986/08	3691851	1993/10	134862001	2000/12	565014443	2008/02	1253500412
1986/09	3773841	1993/11	137851027	2001/01	525060432	2008/03	1231460957
1986/10	4001714	1993/12	157046723	2001/02	517397662	2008/04	1231816026
1986/11	4533482	1994/01	151806822	2001/03	509872620	2008/05	1235747561
1986/12	5698127	1994/02	150928567	2001/04	512197441	2008/06	1242761298
1987/01	5302030	1994/03	149959703	2001/05	515112570	2008/07	1232998919
1987/02	5519127	1994/04	143411158	2001/06	531278594	2008/08	1236123877
1987/03	5808743	1994/05	144663410	2001/07	535855643	2008/09	1240290167
1987/04	6198496	1994/06	145862730	2001/08	546840316	2008/10	1280948857
1987/05	6575060	1994/07	146132380	2001/09	578985938	2008/11	1337244945
1987/06	7066460	1994/08	143984532	2001/10	577592445	2008/12	1482920435
1987/07	7375333	1994/09	144230158	2001/11	610435066	2009/01	1416439480
1987/08	8092784	1994/10	146117260	2001/12	680706015	2009/02	1420938477
1987/09	8272141	1994/11	152511658	2002/01	633980759	2009/03	1403470359
1987/10	9144402	1994/12	163815904	2002/02	627630561	2009/04	1394994937
1987/11	10892948	1995/01	144685439	2002/03	642843092	2009/05	1405694666
1987/12	12759306	1995/02	138093959	2002/04	630090285	2009/06	1412353033



APENDICE

1988/01	12191178	1995/03	128832393	2002/05	633139015	2009/07	1416230384
1988/02	13161870	1995/04	125808463	2002/06	653871974	2009/08	1406801163
1988/03	14300089	1995/05	126314945	2002/07	650614617	2009/09	1410037416
1988/04	14717072	1995/06	128234014	2002/08	647838260	2009/10	1457885378
1988/05	14969755	1995/07	133102217	2002/09	654304326	2009/11	1482744796
1988/06	16757970	1995/08	132852879	2002/10	652211522	2009/12	1614642460
1988/07	16843370	1995/09	135263950	2002/11	679872215	2010/01	1548950808
1988/08	16327438	1995/10	142980663	2002/12	766485735	2010/02	1519232993
1988/09	16511388	1995/11	149977213	2003/01	719992882	2010/03	1525876937
1988/10	17845431	1995/12	171641773	2003/02	707634157	2010/04	1505176264
1988/11	19457471	1996/01	164646328	2003/03	714637571	2010/05	1528720532
1988/12	21434294	1996/02	166415710	2003/04	703141582.7	2010/06	1558655602
1989/01	19146466	1996/03	172326184	2003/05	712153994.5	2010/07	1564222702
1989/02	19293875	1996/04	174278059	2003/06	727772914.3	2010/08	1563246556
1989/03	19420077	1996/05	179958385	2003/07	722778124.5	2010/09	1577534365
1989/04	19798791	1996/06	186763642	2003/08	720469170.9	2010/10	1583621894
1989/05	20333925	1996/07	188996330	2003/09	723613070.8	2010/11	1629212293
1989/06	20661793	1996/08	189094573	2003/10	731543411.8	2010/12	1833317450
1989/07	21974305	1996/09	197632138	2003/11	765938831.6	2011/01	1730365449
1989/08	21412057	1996/10	200322278	2003/12	857691506.8	2011/02	1725189132
1989/09	22107545	1996/11	212751512	2004/01	812256167.5	2011/03	1736114487
1989/10	23505196	1996/12	245258434	2004/02	804702418.6	2011/04	1743722188
1989/11	24850460	1997/01	233515995.2	2004/03	797111650.9	2011/05	1726819273
1989/12	30835083	1997/02	235908144.8	2004/04	800018044.6	2011/06	1788032428
1990/01	27105212	1997/03	246606118.5	2004/05	817000338.3	2011/07	1774909333
1990/02	27643193	1997/04	246028630.8	2004/06	849826761.4	2011/08	1772350671
1990/03	28787121	1997/05	254957664.7	2004/07	830903673.5	2011/09	1879698291
1990/04	30063052	1997/06	264830281.2	2004/08	824782510.5	2011/10	1861876826
1990/05	32642282	1997/07	270704148.9	2004/09	832754978.2	2011/11	1897874449
1990/06	33694120	1997/08	275554335.8	2004/10	845138825.7	2011/12	2083179257
1990/07	33281548	1997/09	274378173.7	2004/11	866237462	2012/01	1978544478
1990/08	33187651	1997/10	282528332.5	2004/12	946566626.8	2012/02	1939485233
1990/09	33767717	1997/11	298437880.9	2005/01	908335160.9	2012/03	2027080400
1990/10	38986751	1997/12	325760011.3	2005/02	904248368.9	2012/04	1994843287
1990/11	43351826	1998/01	308388143	2005/03	890667366.6	2012/05	2025988454
1990/12	50958966	1998/02	309189982.2	2005/04	891122360.6	2012/06	2105069757
1991/01	46499678	1998/03	312466113.1	2005/05	892296625.8	2012/07	2047122831
1991/02	47449447	1998/04	310436789.3	2005/06	930283367.3	2012/08	2067116713
1991/03	49337176	1998/05	322027714	2005/07	925113444.6	2012/09	2077626729



1991/04	50915227	1998/06	326365527	2005/08	916677833.9	2012/10	2053413308
1991/05	53400232	1998/07	328580344	2005/09	924895451.6	2012/11	2136415317
1991/06	54194748	1998/08	334701274	2005/10	935039564.8	2012/12	2280049186
1991/07	52222535	1998/09	326752443	2005/11	962560377.1	2013/01	2174874345
1991/08	56716695	1998/10	334024703	2005/12	1068499869	2013/02	2155719884
1991/09	64265971	1998/11	349236679	2006/01	1020366196	2013/03	2176167017
1991/10	92242680	1998/12	388240292.6	2006/02	1013126036	2013/04	2151135290
1991/11	99014690	1999/01	367925605	2006/03	1033420954	2013/05	2172930690
1991/12	113635550	1999/02	365724168	2006/04	1042813100	2013/06	2213420100
1992/01	106564446	1999/03	366584451	2006/05	1048272946	2013/07	2209326283
1992/02	104991259	1999/04	365155013	2006/06	1097214562	2013/08	2241593618
1992/03	102849442	1999/05	383052814	2006/07	1091794652	2013/09	2248038512
1992/04	104888362	1999/06	384307827	2006/08	1061057313	2013/10	2216169058
1992/05	109009455	1999/07	390229271	2006/09	1074476124	2013/11	2347288823
1992/06	109984259	1999/08	394185781	2006/10	1068075841	2013/12	2513757831
1992/07	109564288	1999/09	399178250	2006/11	1117786869	2014/01	2455957090
1992/08	107186849	1999/10	412390991	2006/12	1218519505	2014/02	2440325549
1992/09	105678924	1999/11	426010844	2007/01	1145655089	2014/03	2447965484
1992/10	116725201	1999/12	489943401	2007/02	1131119911	2014/04	2463974851
1992/11	120376602	2000/01	451515995	2007/03	1144955529	2014/05	2492004246
1992/12	131732775	2000/02	446193162	2007/04	1126655227		
1993/01	125921361	2000/03	454976708	2007/05	1132587189		

Tabla A.4. Datos TII.E. Fuente: Banco de Información Estadística BIE, INEGI.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1995/03	89.48	1998/06	21.47	2001/09	10.95	2004/12	8.93	2008/03	7.93	2011/06	4.85
1995/04	85.22	1998/07	21.88	2001/10	10.34	2005/01	8.97	2008/04	7.94	2011/07	4.82
1995/05	60.45	1998/08	25.78	2001/11	8.90	2005/02	9.47	2008/05	7.93	2011/08	4.81
1995/06	49.50	1998/09	42.04	2001/12	7.94	2005/03	9.78	2008/06	8.00	2011/09	4.78
1995/07	43.00	1998/10	37.65	2002/01	7.97	2005/04	10.01	2008/07	8.28	2011/10	4.79
1995/08	37.60	1998/11	34.78	2002/02	8.99	2005/05	10.12	2008/08	8.56	2011/11	4.80
1995/09	35.48	1998/12	36.69	2002/03	8.47	2005/06	10.01	2008/09	8.66	2011/12	4.80
1995/10	42.61	1999/01	35.80	2002/04	6.85	2005/07	10.01	2008/10	8.68	2012/01	4.79
1995/11	57.43	1999/02	32.21	2002/05	7.73	2005/08	9.98	2008/11	8.73	2012/02	4.78
1995/12	51.36	1999/03	26.87	2002/06	8.42	2005/09	9.65	2008/12	8.74	2012/03	4.77
1996/01	42.66	1999/04	22.54	2002/07	8.34	2005/10	9.41	2009/01	8.41	2012/04	4.74
1996/02	40.11	1999/05	22.52	2002/08	7.61	2005/11	9.17	2009/02	7.94	2012/05	4.76



APENDICE

1996/03	42.93	1999/06	23.60	2002/09	8.37	2005/12	8.72	2009/03	7.64	2012/06	4.76
1996/04	36.61	1999/07	22.11	2002/10	8.67	2006/01	8.41	2009/04	6.68	2012/07	4.78
1996/05	30.31	1999/08	23.13	2002/11	8.33	2006/02	7.97	2009/05	5.78	2012/08	4.79
1996/06	30.11	1999/09	22.04	2002/12	8.26	2006/03	7.68	2009/06	5.26	2012/09	4.80
1996/07	33.49	1999/10	20.63	2003/01	9.14	2006/04	7.51	2009/07	4.92	2012/10	4.82
1996/08	29.36	1999/11	19.01	2003/02	9.91	2006/05	7.32	2009/08	4.89	2012/11	4.84
1996/09	26.82	1999/12	18.75	2003/03	9.96	2006/06	7.33	2009/09	4.91	2012/12	4.84
1996/10	28.68	2000/01	18.55	2003/04	8.58	2006/07	7.31	2009/10	4.91	2013/01	4.84
1996/11	32.28	2000/02	18.15	2003/05	5.92	2006/08	7.30	2009/11	4.93	2013/02	4.82
1996/12	29.92	2000/03	15.77	2003/06	5.79	2006/09	7.31	2009/12	4.93	2013/03	4.48
1997/01	25.96	2000/04	14.74	2003/07	5.30	2006/10	7.31	2010/01	4.91	2013/04	4.33
1997/02	22.11	2000/05	15.92	2003/08	4.97	2006/11	7.30	2010/02	4.92	2013/05	4.32
1997/03	23.95	2000/06	17.44	2003/09	5.05	2006/12	7.34	2010/03	4.92	2013/06	4.30
1997/04	23.98	2000/07	15.13	2003/10	5.60	2007/01	7.41	2010/04	4.94	2013/07	4.32
1997/05	20.65	2000/08	16.62	2003/11	5.35	2007/02	7.46	2010/05	4.94	2013/08	4.31
1997/06	22.53	2000/09	16.77	2003/12	6.40	2007/03	7.46	2010/06	4.94	2013/09	4.10
1997/07	20.50	2000/10	17.38	2004/01	5.36	2007/04	7.47	2010/07	4.92	2013/10	3.98
1997/08	20.64	2000/11	18.64	2004/02	5.79	2007/05	7.70	2010/08	4.90	2013/11	3.79
1997/09	20.23	2000/12	18.39	2004/03	6.49	2007/06	7.70	2010/09	4.90	2013/12	3.79
1997/10	19.70	2001/01	18.62	2004/04	6.17	2007/07	7.70	2010/10	4.87	2014/01	3.78
1997/11	22.17	2001/02	18.12	2004/05	6.95	2007/08	7.71	2010/11	4.87	2014/02	3.79
1997/12	20.48	2001/03	17.28	2004/06	7.02	2007/09	7.70	2010/12	4.89	2014/03	3.80
1998/01	19.74	2001/04	16.36	2004/07	7.11	2007/10	7.73	2011/01	4.86	2014/04	3.81
1998/02	20.52	2001/05	14.09	2004/08	7.50	2007/11	7.93	2011/02	4.84	2014/05	3.80
1998/03	21.69	2001/06	11.64	2004/09	7.78	2007/12	7.93	2011/03	4.84	2014/06	3.43
1998/04	20.55	2001/07	11.10	2004/10	8.05	2008/01	7.93	2011/04	4.85		
1998/05	19.90	2001/08	9.29	2004/11	8.60	2008/02	7.93	2011/05	4.85		

Tabla A.5. Datos CETES Fuente: Banco de México.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1980/01	22.0100	1987/01	95.5500	1994/01	9.7300	2001/01	15.8000	2008/01	7.4200
1980/02	21.4600	1987/02	91.6400	1994/02	16.1800	2001/02	9.4300	2008/02	7.4800
1980/03	23.9100	1987/03	89.9300	1994/03	13.7600	2001/03	9.3200	2008/03	8.0800
1980/04	29.2500	1987/04	122.0400	1994/04	18.5100	2001/04	6.2900	2008/04	7.7500
1981/01	28.3700	1988/01	96.4800	1995/01	69.5400	2002/01	7.2300	2009/01	7.2500
1981/02	28.8500	1988/02	40.4100	1995/02	47.2500	2002/02	7.3000	2009/02	5.4900
1981/03	33.8900	1988/03	41.8400	1995/03	33.4600	2002/03	7.3400	2009/03	4.5200



APENDICE

1981/04	33.9000	1988/04	52.3000	1995/04	48.6200	2002/04	6.8800	2009/04	4.5100
1982/01	35.1500	1989/01	47.7900	1996/01	41.4500	2003/01	9.1700	2010/01	4.4700
1982/02	52.4600	1989/02	56.6800	1996/02	27.8100	2003/02	5.2000	2010/02	4.5100
1982/03	39.3300	1989/03	34.3500	1996/03	23.9000	2003/03	4.7300	2010/03	4.5100
1982/04	57.8600	1989/04	40.5500	1996/04	27.2300	2003/04	6.1000	2010/04	4.1200
1983/01	65.7600	1990/01	46.6500	1997/01	21.6600	2004/01	6.2800	2011/01	4.1500
1983/02	62.5900	1990/02	32.3800	1997/02	20.1700	2004/02	6.5700	2011/02	4.3200
1983/03	57.0200	1990/03	30.1400	1997/03	18.0200	2004/03	7.3600	2011/03	4.1400
1983/04	53.8500	1990/04	25.9900	1997/04	18.8500	2004/04	8.5000	2011/04	4.3500
1984/01	45.5500	1991/01	22.0400	1998/01	19.8500	2005/01	9.4100	2012/01	4.2800
1984/02	50.9700	1991/02	17.7400	1998/02	19.5000	2005/02	9.6300	2012/02	4.4100
1984/03	48.4500	1991/03	17.5500	1998/03	40.8000	2005/03	9.2100	2012/03	4.4300
1984/04	48.3600	1991/04	16.6500	1998/04	33.6600	2005/04	8.2200	2012/04	4.2600
1985/01	55.2900	1992/01	11.8400	1999/01	23.4700	2006/01	7.6000	2013/01	3.9500
1985/02	61.9800	1992/02	15.0300	1999/02	21.0800	2006/02	7.0700	2013/02	3.9000
1985/03	65.3500	1992/03	17.5400	1999/03	19.7100	2006/03	7.0400	2013/03	3.5500
1985/04	71.6500	1992/04	16.8800	1999/04	16.4500	2006/04	7.0400	2013/04	3.3000
1986/01	77.5000	1993/01	17.4700	2000/01	13.6600	2007/01	7.0400	2014/01	3.3000
1986/02	84.6300	1993/02	15.5000	2000/02	15.6500	2007/02	7.1500	2014/02	2.9100
1986/03	100.8900	1993/03	13.7100	2000/03	15.0600	2007/03	7.2000		
1986/04	99.2800	1993/04	11.7800	2000/04	17.0500	2007/04	7.3600		

Tabla A.6. Datos REMESAS Fuente: Banco de Información Estadística BIE, INEGI.

Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato	Periodo	Dato
1980	698.76	1989	2,212.45	1998	5,626.84	2007	26,068.70
1981	860.48	1990	2,493.63	1999	5,909.63	2008	25,144.99
1982	844.79	1991	2,660.00	2000	6,572.54	2009	21,306.33
1983	982.97	1992	3,070.06	2001	8,895.26	2010	21,303.88
1984	1,127.22	1993	3,333.18	2002	9,814.45	2011	22,802.97
1985	1,157.39	1994	3,474.75	2003	15,138.69	2012	22,438.32
1986	1,290.06	1995	3,672.72	2004	18,331.30	2013	21,892.37
1987	1,477.58	1996	4,223.68	2005	21,688.70		
1988	1,897.52	1997	4,864.85	2006	25,566.90		



APENDICE B

En éste anexo se presentan las corridas hechas para cada modelo del paquete EViews.

Prueba de Raíz Unitaria, serie DINPC

Hipótesis Nula: DINPC tiene raíz unitaria

		Estadístico - t	P-Valor
Prueba Dickey Fuller Aumentada	Estadístico	-7.704892	0.0000
Valores Críticos:	1% level	-3.509281	
	5% level	-2.895924	
	10% level	-2.585172	

Prueba Dickey Fuller Aumentada Estadístico

Variable Dependiente: D(DINPC)

Método: Mínimos cuadrados

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico -t	P - Valor
DINPC(-1)	-1.397210	0.181341	-7.704892	0.0000
D(DINPC(-1))	0.766095	0.147779	5.184044	0.0000
D(DINPC(-2))	0.684760	0.136697	5.009330	0.0000
D(DINPC(-3))	0.525639	0.124814	4.211392	0.0001
D(DINPC(-4))	0.499022	0.113263	4.405868	0.0000
D(DINPC(-5))	0.390926	0.104420	3.743778	0.0003
C	0.476039	0.068344	6.965297	0.0000
R-Cuadrado	0.464681	Media Var Dependiente		0.000706
R-Cuadrado Ajustado	0.423503	S.D. Var Dependiente		0.358591
S.E. de la Regresión	0.272269	Criterio Akaike		0.314711
Sum Resid cuadrado	5.782172	Criterio Schwarz		0.515871
Log likelihood	-6.375220	Estadístico – F		11.28459
Est Durbin-Watson	2.029930	Prob(Estadístico-F)		0.000000



Prueba de Correlación Serial para el modelo ARIMA(6,1,0)

Prueba Serial de Correlación LM, Breusch-Godfrey :

Estadístico – F	1.927640	Probabilidad	0.087233
Obs*R-cuadrado	11.35663	Probabilidad	0.077960

Ecuación:

Variable Dependiente: RESID

Método: Mínimos cuadrados

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico-t	P-Valor
C	0.000748	0.021328	0.035058	0.9721
AR(1)	-0.368375	0.251780	-1.463084	0.1476
AR(3)	0.297711	0.148506	2.004702	0.0486
AR(6)	-0.358171	0.191021	-1.875033	0.0647
RESID(-1)	0.318635	0.265393	1.200618	0.2337
RESID(-2)	-0.038145	0.143228	-0.266325	0.7907
RESID(-3)	-0.300001	0.178378	-1.681833	0.0968
RESID(-4)	-0.237061	0.139651	-1.697519	0.0937
RESID(-5)	-0.235060	0.122702	-1.915693	0.0592
RESID(-6)	0.494281	0.215673	2.291805	0.0247
R-cuadrado	0.133607	Mean var dependiente		-6.92E-11
R-cuadrado Adjustado	0.029640	S.D. var dependiente		0.265527
S.E. de la Regresión	0.261562	Criterio Akaike		0.265839
Sum Resid Cuadrado	5.131096	Criterio Schwarz		0.553210
Log likelihood	-1.298168	Estadístico-F		1.285094
Estad Durbin-Watson	1.847747	Prob(Estadístico-F)		0.259198



Estimación del modelo ARIMA(6,1,0)

Variable Dependiente: DINPC

Método: Mínimos cuadrados

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico - t	P-Valor
C	0.340384	0.022043	15.44171	0.000000
AR(1)	0.348623	0.091161	3.824231	0.000300
AR(3)	-0.233537	0.080156	-2.913542	0.004600
AR(6)	-0.445938	0.090953	-4.902958	0.000000
R-Cuadrado	0.465575	Media Var Dependiente		0.342941
R-Cuadrado Ajustado	0.445782	S.D. Var Dependiente		0.363216
S.E. de la Regresión	0.270399	Criterio Akaike		0.268080
Sum Resid cuadrado	5.922369	Criterio Schwarz		0.383028
Log likelihood	-7.393398	Estadístico - F		23.52162
Est Durbin-Watson	1.992757	Prob(F-Estadístico)		0.000000
Raíces Invertidas AR	.80-.49i -.73+.40i	.80+.49i -.73-.40i	.11-.85i	.11+.85i

Prueba ARCH modelo ARIMA(6,1,0)

Prueba ARCH:

Estadístico-F 0.668623 Probabilidad 0.675196

Obs*R-cuadrado 4.169454 Probabilidad 0.653757

Variable Dependiente: RESID^2

Método: Mínimos Cuadrados

Variable	Coefficiente	Error		P-Valor
		Estándar	Estadístico - t	
C	0.095684	0.023883	4.006337	0.0001
RESID^2(-1)	-0.054906	0.115837	-0.473993	0.6369
RESID^2(-2)	-0.007995	0.114839	-0.069622	0.9447
RESID^2(-3)	0.076144	0.11453	0.664836	0.5083
RESID^2(-4)	-0.028418	0.114533	-0.248125	0.8047
RESID^2(-5)	-0.126507	0.114526	-1.104617	0.273
RESID^2(-6)	-0.179366	0.115616	-1.551392	0.1252
R-cuadrado	0.052778	Media Var Dependiente		0.072613
R-cuadrado Ajustado	-0.026157	S.D. Var Dependiente		0.104763
S.E. de la regresión	0.106125	Criterio Akaike		-1.563969
Sum Resid cuadrado	0.810898	Criterio Schwarz		-1.354018
Log likelihood	68.77678	Estadístico-F		0.668623
Durbin-Watson Est	2.08225	P-Valor(Estadístico - F)		0.675196



Modelo GARCH(1,2)

Variable Dependiente: DINPC

Método: ML - ARCH (Marquardt) – Distribución Normal

	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico-z	P-Value.
C	0.334926	0.014067	23.80914	0.0000
AR(1)	0.286563	0.094756	3.024218	0.0025
AR(3)	-0.220827	0.063327	-3.487056	0.0005
AR(6)	-0.429371	0.093587	-4.587947	0.0000

Ecuación de la Varianza

C	0.005545	8.25E-05	67.17895	0.0000
RESID(-1)^2	-0.166723	0.031175	-5.347996	0.0000
GARCH(-1)	0.464656	0.062522	7.431919	0.0000
GARCH(-2)	0.642503	0.070712	9.086204	0.0000

R-cuadrado	0.460202	Mean var dependiente	0.342941
R-cuadrado Ajustado	0.411129	S.D. var dependiente	0.363216
S.E. de la Regresión	0.278724	Criterio Akaike	0.246294
Sum Resid cuadrado	5.981917	Criterio Schwarz	0.476190
Log likelihood	-2.467489	Estadístico F	9.377984
Estad Durbin-Watson	1.859163	Prob(Estadístico-F)	0.000000

Rapiscas Invertidas AR	.78-.48i	.78+.48i	.09+.85i	.09-.85i
	-.73-.40i	-.73+.40i		



Prueba ARCH modelo GARCH(1,2)

Prueba ARCH :

Estadístico-F	0.591819	Probabilidad	0.735816
Obs*R-cuadrado	3.713024	Probabilidad	0.715445

Variable Dependiente: STD_RESID^2

Método: Mínimos Cuadrados

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico-t	P-value
C	1.532120	0.360615	4.248629	0.0001
STD_RESID^2(-1)	-0.008817	0.116377	-0.075762	0.9398
STD_RESID^2(-2)	-0.011424	0.114889	-0.099434	0.9211
STD_RESID^2(-3)	0.021614	0.114400	0.188937	0.8507
STD_RESID^2(-4)	-0.052473	0.114407	-0.458648	0.6479
STD_RESID^2(-5)	-0.136165	0.115011	-1.183936	0.2403
STD_RESID^2(-6)	-0.154806	0.116547	-1.328274	0.1883
R-cuadrado	0.047000	Media var dependente		1.149021
R-cuadrado Ajustado	-0.032416	S.D. dependent var		1.424785
S.E. de la Regresión	1.447694	Criterio Akaike		3.662254
Sum Resid cuadrado	150.8989	Criterio Schwarz		3.872205
Log likelihood	-137.6590	Estadístico-F		0.591819
Estad Durbin-Watson	2.076960	Prob(Estad-F)		0.735816