

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**STRESS TESTING DE LA MOROSIDAD DEL CRÉDITO DE CONSUMO EN EL  
SISTEMA FINANCIERO ECUATORIANO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MATEMÁTICO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**CARLOS LUIS GONZÁLEZ VALLEJO**

`carlosluisg_88@hotmail.com`

**DIRECTORA: ADRIANA UQUILLAS ANDRADE, PhD.**


`adriana.uquillas@epn.edu.ec`

Quito, Junio 2017

# DECLARACIÓN

Yo, Carlos Luis González Vallejo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

**CARLOS LUIS GONZÁLEZ VALLEJO**

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Luis González Vallejo, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Adriana Uquillas Andrade', is written over a horizontal line.

**Adriana Uquillas Andrade, PhD.**

**DIRECTORA DE PROYECTO**

# AGRADECIMIENTOS

Al culminar una etapa importante de mi vida, agradezco a Dios por la bendición de permitirme alcanzar mis objetivos, que hoy los veo plasmados en este trabajo.

Gracias a mis padres Leonidas y Diana, por su amor y sacrificio, quienes con su enseñanza y ejemplo han sido el pilar fundamental de mi vida y han hecho de mi la persona que soy hoy en día.

Gracias a la Dra. Adriana Uquillas por su acertada dirección y valioso apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Gracias a los docentes de la Facultad de Ciencias, quienes han hecho un valioso aporte para mi formación durante mi carrera universitaria.

Gracias a María Reneé por apoyarme y siempre estar a mi lado.

# DEDICATORIA

A Dios por bendecirme cada día y darme sabiduría para alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis padres Leonidas y Diana, por la confianza y su apoyo incondicional con el firme propósito de que pueda alcanzar esta meta muy valiosa en mi vida.

A mi hija Karlita Sofía, quien ha sido el motor e inspiración de este sueño para poder hacerlo realidad.

A mis hermanos, quienes me apoyaron siempre incluso lejos de casa.

A mi hermosa familia y amigos, en especial a mis abuelitos quienes han sido las personas más amorosas y correctas que he conocido.

# Índice general

<b>Índice de figuras</b>	<b>3</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>6</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades: Sistema Financiero Ecuatoriano . . . . .	3
1.2. Stress Testing . . . . .	6
<b>2. Marco teórico</b>	<b>9</b>
2.1. Estructura de datos económicos . . . . .	9
2.2. Regresión lineal múltiple con datos de series de tiempo . . . . .	10
2.2.1. Pruebas de validación del modelo de regresión lineal . . . . .	13
2.3. Prueba de Causalidad de Granger . . . . .	16
2.4. Series de tiempo . . . . .	18
2.4.1. Prueba de Estacionariedad . . . . .	20
2.4.2. Metodología de Box y Jenkins . . . . .	22
2.5. Modelo ARIMAX - Función de Transferencia . . . . .	23
2.5.1. Algoritmo ARIMAX . . . . .	28
<b>3. Metodología Analítica</b>	<b>29</b>
3.1. Construcción del modelo de stress . . . . .	29
3.1.1. Variable dependiente . . . . .	29
3.1.2. Variables independientes . . . . .	31
3.1.2.1. Factores Macroeconómicos . . . . .	32
3.1.2.2. Factores Microeconómicos . . . . .	39
3.1.3. Modelamiento . . . . .	43

	2
<b>4. Análisis de Escenarios</b>	<b>62</b>
4.1. Análisis de Sensibilidad . . . . .	62
4.2. Análisis de escenarios . . . . .	67
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO A: Significado de variables explicativas</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO B: Estabilidad de los parámetros</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO C: Funciones de R</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO D: Código Eviews</b>	<b>81</b>

# Índice de figuras

1.1. Índice de Morosidad por cartera de crédito del sistema de bancos privados, periodo marzo 2015 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> Superintendencia de Bancos del Ecuador-SBE . . . . .	6
3.1. Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	31
3.2. Índice de actividad económica coyuntural - IDEAC e Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE, SBE . . . . .	33
3.3. Precio petróleo WTI, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE . . . . .	34
3.4. Exportaciones primarias e industrializadas no petroleras, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE . . . . .	35
3.5. Importaciones de bienes de capital y consumo, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE . . . . .	36
3.6. Inflación mensual, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE . . . . .	36
3.7. Índice de confianza al consumidor e Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> BCE . . . . .	37
3.8. Tasa de desempleo urbano, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> INEC . . . . .	38
3.9. Restricción, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> INEC . . . . .	39
3.10. Rendimiento de Patrimonio - ROE del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	40
3.11. Índice de liquidez del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	41



3.12. Créditos de Consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	42
3.13. Participación del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	42
3.14. Margen de Intermediación, periodo enero 2006 - marzo 2016. <b>Fuente:</b> SBE . . . . .	43
3.15. Matriz de correlación para variables exógenas. . . . .	48
3.16. Matriz de correlación para variables exógenas del modelo estimado. . .	50
3.17. FAC y FACP residuales estimadas del modelo 1. . . . .	51
3.18. FAC y FACP residuales estimadas del modelo 2. . . . .	54
3.19. Comparación de predicciones del modelo 2 con valores reales, periodo junio 2007 - marzo 2016. . . . .	55
3.20. Comparación de predicciones del modelo 2 con valores reales, periodo octubre 2015 - marzo 2016. . . . .	56
3.21. FAC y FACP residuales estimadas del modelo 3. . . . .	57
3.22. FAC y FACP residuales estimadas del modelo 4. . . . .	59
3.23. Comparación de predicciones del modelo 3 con valores reales, periodo junio 2007 - marzo 2016. . . . .	60
3.24. Comparación de predicciones del modelo 3 con valores reales, periodo octubre 2015 - marzo 2016. . . . .	61
4.1. Análisis de sensibilidad para la variable CRISIS, septiembre 2015 . . . .	63
4.2. Análisis de sensibilidad para la variable D(IDEAC), septiembre 2015 . .	63
4.3. Análisis de sensibilidad para la variable D(ICC), septiembre 2015 . . . .	64
4.4. Análisis de sensibilidad para la variable D(RESTRICCIÓN), septiembre 2015 . . . . .	65
4.5. Análisis de sensibilidad para la variable D((IND_LIQ), septiembre 2015 .	66
4.6. Análisis de sensibilidad para la variable D((IND_LIQ(-4)), septiembre 2015	66
4.7. Análisis de sensibilidad para la variable D(MARGEN_INTER), septiembre 2015 . . . . .	67
4.8. Análisis de escenario pesimista . . . . .	68
4.9. Análisis de escenario optimista . . . . .	69
4.10. Análisis de escenarios . . . . .	69

5.1. Estabilidad de los parámetros estimados del modelo 2. . . . . 77

# Índice de cuadros

3.1. Test de raíces unitarias DFA para series originales. . . . .	44
3.2. Test de raíces unitarias DFA para series con una diferencia no estacional. . . . .	45
3.3. Test de raíces unitarias DFA para series con dos diferencias no estacionales. . . . .	45
3.4. Test de causalidad de Granger. . . . .	46
3.5. Modelo 1 . . . . .	49
3.6. Modelo 2. . . . .	52
3.7. Estadísticos de calidad. . . . .	55
3.8. Modelo 3. . . . .	57
3.9. Modelo 4. . . . .	58
3.10. Estadísticos de calidad. . . . .	59
5.1. Estabilidad de los parámetros estimados del modelo 2 . . . . .	76

# Resumen

El propósito de esta investigación es construir un modelo de stress test asociado a la morosidad del crédito de consumo en el sistema financiero ecuatoriano, específicamente en el sistema de bancos privados a través de series temporales con variables exógenas (ARIMAX) para el periodo enero 2006 - marzo 2016.

Se consideran factores macroeconómicos y microeconómicos para la construcción del modelo. Se concluye que los factores que producen un mayor impacto son: la caída permanente del precio del barril de petróleo que afecta de manera positiva al incremento del índice de morosidad y el incremento del margen de intermediación financiera, el cual aumenta el incremento del índice de morosidad si este disminuye. Esta conclusión enfatiza la importancia de incluir factores externos para el análisis del índice de morosidad.

El modelo estimado es utilizado para pronosticar, realizar análisis de sensibilidad y evaluar escenarios hipotéticos. Este modelo puede ser utilizado como herramienta de monitoreo y gestión de riesgo para el agente supervisor.

**Palabras claves:** pruebas de tensión, series temporales con variables exógenas (ARIMAX), función de transferencia, crisis financiera, riesgo crediticio.

# Abstract

The purpose of this research is to construct a stress test model associated with non-performing loans ratio of consumer credit in the Ecuadorian financial system, specifically in the private banking system through time series with exogenous variables (ARIMAX) for the period January 2006 - March 2016.

Macroeconomic and microeconomic factors are considered for the construction of the model. It is concluded that the factors that produce a greater impact are: the permanent drop in the price barrel of oil that positively affects the increase of non-performing loans ratio and the increase in the financial intermediation margin, which increases the increase of non-performing loans ratio if it decreases. This conclusion emphasizes the importance of including external factors for the analysis of the non-performing loans ratio.

The estimated model is used to forecast, perform sensitivity analyzes and evaluate hypothetical scenarios. This model can be used as a monitoring and risk management tool for the supervising agent.

**Key words:** Stress testing, time series with exogenous variables (ARIMAX), transfer function, financial crisis, credit risk.

# Capítulo 1

## Introducción

El seguimiento y evaluación de las entidades financieras se ha convertido en un requisito fundamental para asegurar la estabilidad de un sistema financiero, ya que en los últimos años se ha padecido una crisis económica-financiera internacional la cual ha generado un impacto en la disminución de crédito, problemas de liquidez, desempleo, entre otros. Un método en particular es relacionar de forma cuantitativa el entorno macroeconómico con el riesgo de crédito, ya que esto nos permite realizar estimaciones del mismo en función de las variables macroeconómicas. En este sentido, es importante disponer de modelos que puedan explicar las causas del riesgo de crédito a un nivel sistémico.

El sistema financiero cumple un papel fundamental para el funcionamiento de una economía saludable y sobre todo genera confianza en la población para seguir generando riqueza. Contar con un sistema sólido, permite que los recursos financieros circulen eficientemente desde las personas que tienen recursos monetarios excedentes hacia las personas que necesitan estos recursos.

Por su parte [Díaz, 2012] indica que las entidades pertenecientes al sistema financiero, cumplen cinco roles importantes en la economía:

1. Gestionan o administran riesgos.
2. Asignan recursos.
3. Procesan información y supervisan a los prestatarios.

4. Movilizan ahorro y;
5. Facilitan el intercambio de bienes y servicios (proporcionan el acceso a los sistemas de pago).

Por su parte, el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea<sup>1</sup> en su artículo "Convergencia internacional de medidas y normas de capital", en la tercera sección "Segundo Pilar - El proceso del examen supervisor", establece que: *El proceso de examen supervisor establecido en este Marco no tiene por objetivo únicamente garantizar que los bancos posean el capital necesario para cubrir los riesgos de sus actividades, sino que también insta a los bancos a que desarrollen y utilicen mejores técnicas de gestión de riesgos en el seguimiento y control de los mismos.*

El Comité de Basilea ha identificado cuatro principios básicos del proceso de supervisión:

1. Las entidades deberán contar con un proceso para evaluar la suficiencia de capital total en función de su perfil de riesgo y con una estrategia de mantenimiento de su nivel de capital.
2. Los supervisores deberán examinar periódicamente el proceso utilizado por las entidades para determinar la suficiencia de capital, la calidad de gestión y, como parte de este proceso, también deberán garantizar que estas condiciones se cumplan de manera continua.
3. Los supervisores deberán tener expectativas de que las entidades operen por encima de los coeficientes mínimos de capital requerido y exigirles que mantengan capital por encima de este mínimo.
4. Los supervisores tratarán de intervenir con prontitud a fin de evitar que el capital descienda por debajo de los niveles mínimos requeridos para cubrir las características de riesgo de un banco dado. Asimismo, deberán exigir la inmediata adopción de medidas correctoras si el capital no se mantiene en el nivel requerido o no se recupera ese nivel.

---

<sup>1</sup>Es un comité de autoridades supervisoras bancarias que fue establecido por los gobernadores de los Bancos Centrales del Grupo de los Diez Países en 1975. Éste comité tiene su sede en Suiza y funciona en el Bank for International Settlements (BIS).

La importancia del examen supervisor es que no solamente se centra en el volumen de capital que posee una entidad, sino que ante el incremento de riesgos que enfrenta la misma, se debe considerar otras posibilidades como el fortalecimiento de la gestión de riesgos, refuerzo del nivel de provisiones y reservas, así como la mejora de controles internos.

Por lo antes mencionado, el objetivo principal de este trabajo es construir un modelo de stress o tensión<sup>2</sup> asociado a la morosidad del crédito de consumo en el sistema financiero ecuatoriano, específicamente el sistema de bancos privados. En general se desea entender el vínculo que existe entre el entorno macroeconómico y el índice de morosidad del crédito de consumo.

Para la construcción del modelo de stress, se aplica la metodología de series temporales con variables exógenas también conocida como ARIMAX, utilizando variables de carácter macroeconómico y microeconómico.

Se utilizan Eviews 8 y R como programas estadísticos para el desarrollo del modelo.

## **1.1. Generalidades: Sistema Financiero Ecuatoriano**

La Superintendencia de Bancos del Ecuador (en lo sucesivo "SBE") define al sistema financiero como: "El conjunto de instituciones que tiene como objetivo canalizar el ahorro de las personas". Esta canalización de recursos permite el desarrollo de la actividad económica<sup>3</sup> en nuestro país.

El sistema financiero ecuatoriano se encuentra compuesto por: instituciones financieras privadas (bancos, cooperativas, sociedades financieras, mutualistas); instituciones financieras públicas; instituciones de servicios financieros; entidades que se encuentran bajo el control de la SBE, constituyéndose los bancos en el mayor y más importante participante del mercado con más del 90 % de los activos en relación

---

<sup>2</sup>La prueba de tensión es una herramienta estadística que se utiliza para evaluar la fragilidad de las entidades financieras frente a cambios extremos.

<sup>3</sup>Se denomina actividad económica a cualquier proceso mediante el cual se obtiene bienes y servicios que cubren las necesidades. (Clasificación Nacional de Actividades Económicas - CIU, REV 4.0, INEC)



al total de las instituciones financieras privadas.<sup>4</sup>

En la actualidad el sistema de bancos privados está formado por 22 entidades, entre las cuales se consideran como bancos grandes a: Banco Pichincha, Banco Guayaquil, Produbanco y Banco Pacífico.

En cuanto a la administración de riesgo, la SBE en el Libro I: "Normas generales para las instituciones del Sistema Financiero", específicamente en el Título X "De la gestión y administración del riesgo", establece que: *Todas las instituciones del sistema financiero ecuatoriano que están controladas por la Superintendencia de Bancos, deben establecer esquemas eficientes y efectivos de administración y control de todos los riesgos a los que se encuentran expuestas.*

En este sentido, las entidades participantes del sistema financiero tienen como objetivo identificar, medir, controlar y monitorear los diferentes tipos de riesgo que pueden afectarlas, con el fin de definir el perfil de riesgo y la exposición que están dispuestos a asumir para garantizar el cuidado de los fondos propios y de terceros que se encuentran bajo su control y administración. Cada entidad posee su propio perfil de riesgo de acuerdo a sus actividades, por tanto, tienen la responsabilidad de administrar sus riesgos, por lo que *deben contar con procesos formales de administración integral de riesgos que permitan cumplir con su objetivo*<sup>5</sup>.

Un indicador del riesgo de crédito es el índice de morosidad, es decir, el porcentaje de la cartera improductiva frente al total de la cartera de la entidad. La SBE calcula el índice de morosidad por cartera de crédito<sup>6</sup>.

En este trabajo nos centramos en la cartera de crédito de consumo. De acuerdo a la Codificación de Regulaciones del Banco Central del Ecuador<sup>7</sup>, define el crédito de consumo como: "créditos otorgados a personas naturales asalariadas y/o rentistas, que tengan por destino la adquisición de bienes de consumo o pago de servicios,

---

<sup>4</sup>La información utilizada se encuentra en la página web de la Superintendencia de Bancos

<sup>5</sup>Superintendencia de Bancos del Ecuador - SBE. Libro I, Título X

<sup>6</sup>Nota Técnica No. 5, Boletines Financieros - SBE

<sup>7</sup>Nota Técnica No. 78, Dirección Nacional de Riesgo Sistémico - BCE, 2014

que generalmente se amortizan en función de un sistema de cuotas periódicas y cuya fuente de pago es el ingreso neto mensual promedio del deudor, entendiéndose por éste el promedio de los ingresos brutos mensuales del núcleo familiar menos los gastos familiares estimados mensuales. Además, se incluye en este segmento las operaciones con tarjeta de crédito".

La tasa activa efectiva máxima para este segmento es de 17,3 % vigente desde el 25 de noviembre 2015 hasta la actualidad<sup>8</sup>.

A continuación se tiene en cuenta los siguientes conceptos para entender el cálculo del índice de morosidad:

- **Traspaso a cartera vencida.-** La cartera vencida registra el valor de toda clase de créditos que por más de 30 días dejan de ganar intereses o ingresos. Luego que una cuota se traspasa a cartera vencida, todas las cuotas por vencer y vencidas hasta 30 días se reclasifica en la cartera que no devenga intereses.
- **Cartera improductiva.-** Son préstamos que no generan renta financiera a la institución, están compuestos por la cartera vencida y la cartera que no devenga intereses e ingresos.
- **Cartera de crédito Bruta.-** Es el total de la cartera de crédito (consumo) de una institución financiera, sin deducir la provisión para créditos incobrables.

Por tanto, el índice de morosidad de la cartera de consumo se calcula como sigue:

$$\text{Morosidad Consumo} = \frac{\text{Cartera Improductiva Consumo}}{\text{Cartera Bruta Consumo}}$$

A marzo 2016 la participación de la cartera de crédito de consumo disminuyó 2,31 %, pasando de 34,18 % a 31,87 % producto del crecimiento de otras carteras como: educativa, vivienda y microempresarial. La tasa de morosidad total aumentó en 1,18 %, de 3,47 % a 4,65 % debido al incremento de la cartera improductiva en 22,51 %. El incremento de la morosidad fue influenciado en mayor medida por el aumento de la cartera de consumo, esta tuvo un aumento de 2,48 % siendo el segmento de mayor crecimiento, pasó de 6,52 % a 9,00 %<sup>9</sup> como se puede ver en la Figura 1.1.

<sup>8</sup>Resolución 154-2015-F

<sup>9</sup>Todos estos indicadores son medidos con respecto a marzo 2015

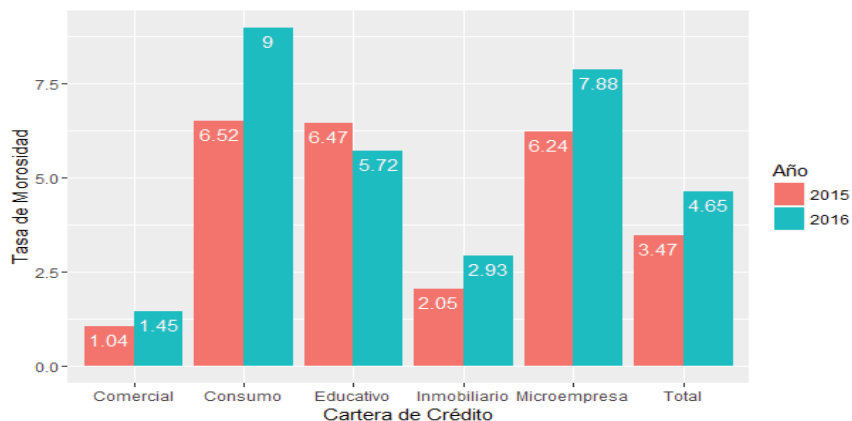


Figura 1.1: Índice de Morosidad por cartera de crédito del sistema de bancos privados, periodo marzo 2015 - marzo 2016.

Fuente: Superintendencia de Bancos del Ecuador-SBE

## 1.2. Stress Testing

La prueba de tensión o *stress test* es una herramienta que sirve para diagnosticar el comportamiento de una o varias entidades financieras frente a fenómenos extremos. El término stress testing se refiere a un conjunto de técnicas estadísticas que se usan para evaluar la vulnerabilidad de un portafolio a cambios macroeconómicos excepcionales, pero que sean posibles. [Blanschke et al., 2001]

La prueba de tensión es de gran importancia en el proceso de gestión de riesgo de las entidades financieras y su utilización es promovida por el marco de Basilea II (proceso del examen supervisor).

Generalmente en la gestión de riesgo se utiliza el cálculo del valor en riesgo VaR (Value at Risk), este proviene de la necesidad de cuantificar con cierto nivel de significancia el monto o porcentaje de pérdida que un portafolio enfrentará en un periodo determinado de tiempo, pero por algunas deficiencias del mismo, la prueba de tensión es una herramienta complementaria. Además, la prueba de tensión es muy útil para salvaguardarse frente a eventos de riesgo como el riesgo de pérdida debido a políticas macroeconómicas y gubernamentales.

Cuando se trata del análisis de una entidad financiera en particular, se denomina

micro stress testing, caso contrario, si se trata de analizar un conjunto de entidades financieras se denomina macro stress testing.

El macro stress testing es utilizado por los supervisores del sistema financiero (para el caso ecuatoriano la SBE), con el fin de cuantificar la relación que existe entre las variables macroeconómicas y el sistema financiero en conjunto.

Según [Čihák, 2004] el stress test puede ser clasificado por su metodología dentro de tres principales tipos:

- **Análisis de sensibilidad:** busca identificar cómo las carteras responden a los cambios en las variables económicas relevantes.
- **Análisis de escenarios:** busca evaluar la capacidad del sistema financiero para enfrentar un evento excepcional pero posible.
- **Análisis de contagio:** busca diagnosticar el impacto de un shock que se transmite de una entidad al resto del sistema.

En este trabajo, se realiza un análisis de sensibilidad, es decir, analizar un único parámetro mientras el resto de los factores permanece constante y un análisis de escenarios: escenario adverso y escenario optimista.

Un escenario adverso está basado en evaluar la evolución de las variables que ingresan al modelo de una manera "pesimista".

Los autores [Jurado et al., 2010] y [Sorge, 2001] mencionan algunas metodologías que sirven para la realización de pruebas de tensión; entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- **Modelos de variable dependiente discreta.-** La ocurrencia de una situación de crisis puede recogerse a través de una variable binaria  $\{0,1\}$ , para su modelización generalmente se utiliza una regresión de elección discreta como *logit* o *probit*.
- **Modelo de regresión con datos de panel.-** Estos modelos utilizan muestras correspondientes a  $N$  entidades financieras que se analizan a lo largo de  $T$

instantes de tiempo.

El Banco Central de Perú realizó un estudio de la morosidad del sistema bancario de ese país en el año 2004 mediante esta técnica [Aguilar et al., 2004].

- **Redes neuronales.-** Son modelos estadísticos no lineales que se utilizan principalmente para la realización de predicciones. Constan de dos capas:
  - La información de entrada (input layer), para nuestro caso pueden ser variables explicativas referentes al sistema financiero y a la economía real.
  - El resultado final (output layer), se puede obtener mediante un modelo *logit* dando como resultado la probabilidad de que el sistema financiero en conjunto (o una entidad individualmente) presente stress financiero, es decir, que presente una situación adversa frente a políticas externas o internas.
  
- **Series temporales.-** Esta metodología es la más utilizada por diferentes autores puesto que permite evaluar las vulnerabilidades del sistema financiero a lo largo del tiempo. En el presente trabajo se utiliza la metodología de series de tiempo con variables exógenas, la cual será descrita posteriormente.

La estructura del presente estudio es la siguiente, en el capítulo 2, se describe los aspectos teóricos necesarios para comprender la metodología utilizada en la construcción del modelo de stress. En el capítulo 3, se aplica la metodología analítica para el desarrollo del modelo de stress con la información disponible. En el capítulo 4, se construye y se evalúa los escenarios de stress. En el capítulo 5 presentaremos los resultados más importantes encontrados durante el desarrollo del trabajo.

# Capítulo 2

## Marco teórico

En el presente capítulo se definen las nociones y conceptos teóricos necesarios para comprender la metodología utilizada en la construcción del modelo de Stress Testing. Empezaremos describiendo algunas estructuras de datos económicos, la regresión lineal múltiple con datos de serie de tiempo, ciertas pruebas estadísticas para la validación del modelo de regresión lineal múltiple y el modelo ARIMAX en el cual se fundamenta el modelo de Stress Test.

### 2.1. Estructura de datos económicos

En esta sección utilizando el trabajo de [Wooldridge, 2013] se describe las tres estructuras de datos económicos más utilizadas que se encuentran en trabajos aplicados.

- **Sección Cruzada (datos transversales)**

Un conjunto de datos de sección cruzada consiste en una muestra de individuos, hogares, ciudades, países o una variedad de datos tomadas en un momento dado. Puede ocurrir que los datos no corresponden al mismo periodo de tiempo, por ejemplo: la información de un censo poblacional podría ser evaluado en diferentes semanas durante un año. Por tanto, en un análisis de sección cruzada no se toma en cuenta la temporalidad en la recopilación de datos.

Una característica importante de los datos de sección cruzada es que se puede asumir con frecuencia que los datos han sido obtenidos por muestreo aleatorio de una población.

- **Datos series de tiempo**

Un conjunto de datos de series de tiempo consiste en observaciones de una o más variables a lo largo del tiempo, por ejemplo: el producto interno bruto, el índice de precios al consumidor, la información sobre ventas, entre otras. El tiempo es una dimensión fundamental, pues el orden cronológico de las observaciones de la serie transmite información potencialmente importante.

La característica clave de las series de tiempo económicas es que rara vez pueden ser asumidas como independientes a través del tiempo, pues estas están relacionadas fuertemente con sus datos pasados. Otra característica es la frecuencia en la que se recogen los datos, generalmente los datos económicos tienen frecuencia mensual, trimestral o anual.

- **Datos de panel**

Un conjunto de datos de panel consiste de una serie de tiempo para cada elemento de sección transversal en el conjunto de datos, es decir, la misma unidad de sección transversal se estudia a lo largo del tiempo.

## 2.2. Regresión lineal múltiple con datos de series de tiempo

Un modelo de regresión es un modelo que trata de explicar el comportamiento de una variable dependiente (variable regresada), utilizando información de un conjunto de  $n$  variables explicativas (variables regresoras) y una variable aleatoria *no observable* [Novales, 1993].

Para el caso de datos de series temporales, un modelo de regresión lineal se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t1} + \dots + \beta_n X_{tn} + u_t \quad t = 1, \dots, T. \quad (2.1)$$

Donde,  $Y_t$  es la variable dependiente,  $X_{tk}$  con  $k = 1, \dots, n$  son las variables explicativas (también se las conoce como variables independientes),  $\beta_k$  con  $k = 1, \dots, n$  son los parámetros desconocidos,  $u_t$  es la variable aleatoria no observable (término de error)

y  $t$  es la  $t$ -ésima observación correspondiente al mismo instante de tiempo.

Si ordenamos todas las observaciones del modelo (2.1) en vectores, tenemos lo siguiente:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_T \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & & & \ddots & \\ 1 & x_{T1} & x_{T2} & \dots & x_{Tn} \end{bmatrix}; u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_T \end{bmatrix}$$

Por tanto, la forma matricial del modelo (2.1) es:

$$Y = X\beta + u$$

Para proceder a la estimación del vector de parámetros  $\hat{\beta}$ , [Wooldridge, 2013] indica que el modelo (2.1) debe cumplir los siguientes supuestos estándar para la utilización de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO):

1. El modelo es lineal en los parámetros.
2. En la muestra no hay variables explicativas que sean constantes ni que sean una combinación lineal de las otras.
3. Para cada  $t$ , dadas las variables explicativas para todos los periodos, el valor esperado del error  $u_t$  es cero. Matemáticamente,

$$E[u_t | X] = 0 \quad t = 1, \dots, T$$

Este supuesto implica que al tiempo  $t$ ,  $u_t$ , no está correlacionado con cada variable explicativa en cada periodo de tiempo.

4. Homocedasticidad: la varianza de  $u_t$  condicional en  $X$ , es la misma para todo  $t$ . Matemáticamente,

$$Var(u_t | X) = Var(u_t) = \sigma^2 \quad t = 1, \dots, T$$

Cuando este supuesto no se cumple se dice que los errores son heterocedásticos.



5. No existe correlación serial: los errores, condicionales sobre  $X$ , en dos diferentes periodos de tiempo, no están correlacionados. Matemáticamente,

$$\text{Corr}(u_t, u_s | X) = 0 \text{ para todo } t \neq s$$

Cuando este supuesto no se cumple se dice que los errores están autocorrelacionados.

6. Normalidad: los errores  $u_t$  son independientes de  $X_{t1}, \dots, X_{tn}$  y son independientes e idénticamente distribuidos como una Normal con media nula y varianza  $\sigma^2$ . Es decir,

$$u_t \sim NID(0, \sigma^2) \text{ para todo } t$$

Este supuesto se utiliza para poder realizar inferencia estadística y con el fin de utilizar los típicos errores estándar MCO, el estadístico  $t$ , el estadístico  $F$ .

Además, este supuesto implica los supuestos 3, 4 y 5, pero es más fuerte puesto que supone normalidad e independencia.

Para el análisis de regresión con datos de series de tiempo, el supuesto **5** es nuevo, el resto de supuestos son los mismos que se tiene para datos de sección cruzada.

El supuesto **2**, técnicamente se lo conoce como de no colinealidad, o no **multicolinealidad** cuando hay más de una relación lineal exacta. De manera formal significa que no existe un conjunto de  $\lambda_k$  con  $k = 1, \dots, n$ , al menos uno diferente de cero tales que:

$$\lambda_1 X_{t1} + \dots + \lambda_n X_{tn} = 0$$

El objetivo central del análisis de regresión es obtener estimaciones de los parámetros desconocidos del modelo.

El problema consiste en minimizar la suma de los residuos al cuadrado, es decir,

$$\min_{\hat{\beta}} SR(\hat{\beta}) = \min_{\hat{\beta}} \hat{u}'\hat{u} \quad (2.2)$$

Notemos que la suma residual (SR) depende de las observaciones muestrales y de las estimaciones de los parámetros, es decir,

$$\hat{u}'\hat{u} = \hat{Y}'\hat{Y} - 2\hat{\beta}'X'Y + \hat{\beta}'X'X\hat{\beta}$$

Para hallar una solución al problema (2.2), se utiliza derivación matricial con respecto al vector  $\hat{\beta}$  y se iguala a cero, teniendo como resultado la siguiente solución:

$$\hat{\beta}_{MCO} = (X'X)^{-1}X'Y$$

**Nota:** La matriz  $(X'X)$  es no singular, caso contrario, el sistema de ecuaciones normales tendrá soluciones infinitas, que ocurre cuando se viola el supuesto 8, es decir, en caso de multicolinealidad.

### 2.2.1. Pruebas de validación del modelo de regresión lineal

Luego de obtener el modelo de regresión lineal, se debe validar los supuestos antes mencionados del modelo. Es decir, se debe verificar que los residuos sigan una distribución normal e independiente, que los residuos sean homocedásticos (varianza de los residuos constante) y que no exista multicolinealidad.

Para esto, existen algunas pruebas estadísticas las cuales se las describe a continuación:

#### 1. Prueba de Jarque-Bera.

[Gujarati and Porter, 2010] describe el test de Jarque Bera como una prueba asintótica (es decir, válida en muestras grandes). Para calcular el estadístico de prueba, se calcula primeramente la curtosis y asimetría de los residuos de MCO, para luego calcular el estadístico JB como sigue:

$$JB = n \left[ \frac{S^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right]$$

Donde,  $S$  es el coeficiente de asimetría,  $K$  el coeficiente de curtosis y  $n$  el tamaño de la muestra.

El coeficiente de asimetría puede calcularse como:

$$S = \frac{E(X - \mu)^3}{\sigma^3}$$

El coeficiente de curtosis puede calcularse como:

$$K = \frac{E(X - \mu)^4}{[E(X - \mu)^2]^2}$$

En esta prueba se contrastan las hipótesis:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Los residuos siguen una distribución normal.} \\ H_a : \text{Los residuos no siguen una distribución normal.} \end{cases}$$

Jarque y Bera mostraron que para muestras grandes,  $JB \sim \chi^2_{(2)}$ .

Nótese, cuando una variable sigue una distribución normal,  $S = 0$  y  $K = 3$ . Por tanto, se trata de una prueba de hipótesis conjunta de que  $S = 0$  y  $K = 3$ , es decir, se espera de que el estadístico de prueba JB sea igual a cero.

Entonces, si el valor del estadístico JB es mayor que  $\chi^2_{(gl=2, \alpha=0,05)} = 5,99$ , se rechaza  $H_0$ .

## 2. Prueba de Breusch-Pagan.

La prueba de Breusch-Pagan (BP), sirve para validar el supuesto 4 del modelo de regresión múltiple. La prueba (BP) contrasta la siguiente hipótesis:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Los residuos son homocedásticos.} \\ H_a : \text{Los residuos no son homocedásticos.} \end{cases}$$

Novales (1993) supone que la varianza del término de error en cada periodo, depende de un conjunto de variables  $X_t$  de dimensión  $n$ , es decir:

$$\sigma_t^2 = f(\alpha_0 + \alpha_1 X_{t1} + \dots + \alpha_n X_{tn})$$

Notemos que si  $\alpha_i = 0$  con  $i = 1, \dots, n$ , entonces se tiene ausencia de heterocedasticidad ( $f(\alpha_0)$  es una constante). Por lo tanto, si estimamos los coeficientes  $\alpha_i$ , se puede contrastar la hipótesis:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0$$

A continuación, se resume los pasos para realizar la prueba BP.

- Estimar por MCO el modelo original (2.1) y se obtienen los residuos correspondientes.
- Calcular la serie de residuos normalizados al cuadrado.

$$\hat{e}_t^2 = \frac{\hat{u}_t^2}{\hat{\sigma}_t^2}$$

Donde,  $\hat{\sigma}_t^2$  es el estimador de máxima verosimilitud de la varianza, es decir,  $\hat{\sigma}_t^2 = \frac{SR}{T}$ , donde  $SR$  es la suma de residuos al cuadrado y  $T$  es el número de observaciones.

- Luego, se realiza la siguiente regresión:

$$\hat{e}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t1} + \dots + \alpha_n X_{tn} + u_t$$

- Finalmente, si  $X_{tk}$  es estadísticamente significativa para algún  $k$  con  $k = 1, \dots, n$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

### 3. Detección de Multicolinealidad.

Para detectar multicolinealidad en un modelo de regresión múltiple, existen algunas reglas prácticas según [Gujarati and Porter, 2010].

A continuación, resumimos algunas de ellas:

- Calculamos el coeficiente múltiple de determinación  $R^2$ . Si este es alto, es decir, mayor a 0,8 y ningún coeficiente estimado de la regresión o muy pocos son estadísticamente significativo, entonces existe presencia de multicolinealidad.
- Observar las correlaciones lineales entre parejas de variables regresoras, si esta es alta, es decir, mayor a 0,8, la multicolinealidad es un problema grave.
- Calculamos el índice de condición:

$$IC = \sqrt{\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}}}$$

Donde,  $\lambda_{max}$  y  $\lambda_{min}$  son los valores propios máximo y mínimo respectivamente de la matriz de correlaciones de las variables regresoras. Si  $IC < 10$ , no hay presencia de multicolinealidad, si  $10 < IC < 30$  hay multicolinealidad entre moderada y fuerte y si  $IC > 30$ , la multicolinealidad es un problema grave.

### 2.3. Prueba de Causalidad de Granger

Para [Novales, 1993] la relación causal desde las variables explicativas a la variable dependiente, es una característica de un modelo econométrico, puesto que la teoría económica aporta suficientes elementos como para sugerir que las variables explicativas influyen sobre la variable dependiente. En este sentido, a las variables explicativas se las denominan variables exógenas, lo que significa que sus valores se toman como dados, ya que no reciben influencia de la variable que se desea explicar.

Gujarati y Porter (2010) suponen que  $X_t$  y  $Y_t$  son dos variables estacionarias (más adelante se profundiza en la sección de series de tiempo la definición de estacionariedad), con  $t = 1, \dots, T$ . Entonces, la prueba de causalidad de Granger implica la estimación de dos regresiones:

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i X_{t-i} + u_{1t} \quad (2.3)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_i X_{t-i} + u_{2t} \quad (2.4)$$

donde se supone que las perturbaciones  $u_{1t}$  y  $u_{2t}$  no están correlacionadas, es decir,  $cor(u_{1t}, u_{2t}) = 0$ .

A continuación se puede distinguir tres casos:

1. Existe causalidad unidireccional de  $X$  hacia  $Y$  ( $X \rightarrow Y$ ), si el conjunto de coeficientes estimados de los retardos de  $Y$  en (2.3) no son estadísticamente diferentes de cero y el conjunto de coeficientes estimados de los retardos de  $X$  en (2.4) son estadísticamente diferentes de cero.
2. Por el contrario, existe causalidad unidireccional de  $Y$  hacia  $X$  ( $Y \rightarrow X$ ), si el conjunto de coeficientes estimados de los retardos de  $Y$  en (2.3) son estadísticamente diferentes de cero y el conjunto de coeficientes estimados de los retardos de  $X$  en (2.4) no son estadísticamente diferentes de cero.
3. Existe causalidad bilateral ( $X \leftrightarrow Y$ ), cuando los coeficientes estimados de  $Y$  y  $X$  son estadísticamente diferentes de cero en ambas regresiones.

De modo general, podemos decir que en una regresión de  $Y$  sobre sus valores pasados, si se incluyen valores rezagados de una variable  $X$  y esto mejora significativamente la predicción de  $Y$ , entonces podemos decir que  $X$  causa a la manera de Granger a  $Y$ . De manera análoga para saber si  $Y$  causa a la manera de Granger a  $X$ .

Antes de mencionar los pasos para la prueba de Granger, cabe mencionar algunos puntos importantes:

- Las variables  $X$  y  $Y$  deben ser estacionarias.
- La dirección de la causalidad depende de manera crítica del número de retardos incluidos en la regresión.
- Los términos de error en la prueba de causalidad no están correlacionados.
- Los valores estimados de los coeficientes en esta prueba no son importantes, ya que nos interesa el estadístico  $F$  para la prueba de hipótesis.

Supongamos que se quiere saber si la variable  $X$  causa a la manera de Granger a la variable  $Y$ . Tomando en cuenta la ecuación (2.3), los pasos para realizar la prueba son los siguientes:

1. Realizar la regresión de la variable  $X$  sobre todos los retardos de la misma, pero no se incluye los retardos de la variable  $Y$  en esta regresión. A esta regresión se la conoce como regresión restringida. Luego, calculamos la suma de cuadrados residuales restringida,  $SCR_R$ .
2. Realizar la regresión con los retardos de la variable  $Y$ . A esta regresión se la conoce como regresión no restringida. Luego, calculamos la suma de cuadrados residuales no restringida,  $SCR_{NR}$ .
3. La hipótesis nula es  $H_0 : \alpha_i = 0$  con  $i = 1, \dots, n$ . (No hay causalidad de Granger)
4. Calculamos el estadístico  $F$ ,

$$F = \frac{\frac{SCR_R - SCR_{NR}}{m}}{\frac{SCR_{NR}}{n-k}}$$

que sigue la distribución  $F$  con  $m$  y  $n - k$  grados de libertad. En la ecuación anterior,  $m$  es el número de retardos de  $Y$  y  $k$  es el número de parámetros estimados en la regresión no restringida.

5. Si el valor  $F$  calculado es mayor que el valor  $F$  teórico, entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).
6. Se repiten los pasos del 1 al 5 con la ecuación (2.4) y de este modo se completa la prueba para saber si la variable  $X$  causa a la manera de Granger a la variable  $Y$ .

**Nota:** Cuando existe una causalidad bilateral a la manera de Granger entre  $X$  y  $Y$  ( $X \leftrightarrow Y$ ), este tipo de situación es ideal para aplicar la metodología de vectores autorregresivos (VAR).

## 2.4. Series de tiempo

Una serie de tiempo se puede considerar como una sucesión de variables aleatorias  $(x_t)_{t \in T}$ , donde la variable aleatoria  $x_t$  denota el valor tomado por la serie al tiempo  $t$ .  $T$  se conoce como el espacio de tiempos; por lo general es el conjunto de los números reales  $\mathbb{R}$  o un subconjunto del mismo como el conjunto de los números naturales ( $\mathbb{N}$ ) o el conjunto de los números enteros ( $\mathbb{Z}$ ) [Shumway and Stoffer, 2011].

El análisis de series temporales realiza predicciones de valores futuros de una o más variables, utilizando como información hechos históricos que miden la evolución de la variable en estudio. Es decir, identifica patrones históricos y después, bajo el supuesto que no varíen en el futuro, predecir extrapolándolos. [González, 2009]

Unos estadísticos fundamentales en la especificación de un modelo univariante son las funciones de autocovarianza, autocorrelación simple y autocorrelación parcial que se describen a continuación:

**Definición 1.** La función de autocovarianza de un proceso estocástico<sup>1</sup>  $\{Y_t\}$ , es una función que para cada instante  $t$  y cada número entero  $k$  toma un valor, denotado por  $\gamma_k(t)$ , igual a la covarianza entre  $Y_t$  e  $Y_{t-k}$ , es decir:

$$\gamma_k(t) = \text{Cov}(Y_t, Y_{t-k})$$

**Definición 2.** La función de autocorrelación simple de un proceso estocástico  $\{Y_t\}$ , es una función que para cada instante  $t$  y cada número entero  $k$  toma un valor, denotado por  $\rho_k(t)$ , igual a la correlación entre  $Y_t$  e  $Y_{t-k}$ :

$$\rho_k(t) = \frac{\text{Cov}(Y_t, Y_{t-k})}{\sqrt{\text{Var}(Y_t)}\sqrt{\text{Var}(Y_{t-k})}} = \frac{\gamma_k(t)}{\sqrt{\text{Var}(Y_t)}\sqrt{\text{Var}(Y_{t-k})}}$$

**Definición 3.** La función de autocorrelación parcial de un proceso estocástico  $\{Y_t\}$ , es una función que para cada instante  $t$  y cada número entero  $k$  toma un valor, denotado por  $\rho_k(t)$ , igual a la correlación entre  $Y_t$  e  $Y_{t-k}$ , ajustada por el efecto de los retardos intermedios  $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-k-1}$

Existen dos tipos de series: estacionarias y no estacionarias.

- **Serie no estacionaria:** es aquella cuya media, varianza y covarianza cambian a lo largo del tiempo lo que dificulta el modelamiento de la serie.
- **Serie estacionaria:** es aquella cuya media y varianza no cambian a través del tiempo y la covarianza sólo es función del retardo  $h$ .

**Definición 4.** Un proceso estocástico  $\{X_t\}_{t \in T}$  es débilmente estacionario si:

1.  $(X_t)_{t \in T}$  toma valores en  $\mathbb{R}$  y es de segundo orden ( $\forall t \in T, E[X_t^2] < \infty$ ).
2.  $E[X_t]$  es constante (independiente de  $t$ ).
3.  $\text{cov}(X_t, X_{t+h}) = \text{Cov}(X_{t+m}, X_{t+h+m})$  para todo  $t, h, m \in T$ .

Un proceso débilmente estacionario se dirá estacionario.

Si una serie es no estacionaria, podremos estudiar su comportamiento únicamente en un periodo establecido y por tanto no se podrá generalizar para otros periodos

---

<sup>1</sup>Llamamos proceso estocástico a una sucesión de variables aleatorias  $\{y_t\}$ , con  $t = -\infty, \dots, -1, 0, 1, 2, \dots, \infty$ .



de tiempo. Por lo antes mencionado, notamos la importancia de las series de tiempo estacionarias.

A continuación se presenta una prueba para detectar si una serie es estacionaria, la cual se utiliza en el presente trabajo.

### 2.4.1. Prueba de Estacionariedad

En la práctica nos enfrentamos a dos preguntas:

- Si una serie es no estacionaria, ¿existe alguna forma de convertir dicha serie en una serie estacionaria?
- ¿Cómo sabemos si una serie es estacionaria?

Respondiendo a la primera pregunta, existe un método llamado “diferenciación”, el cual consiste en realizar la siguiente transformación:

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$$

donde,  $\Delta$  se conoce como el operador de primeras diferencias. Cabe mencionar que, si bien el objetivo del operador  $\Delta$  es volver a la serie estacionaria, para ciertas series no se podrá obtener la serie estacionaria de esa manera. Por ejemplo: si una serie tiene una tendencia exponencial, se deberá realizar una transformación mediante logaritmo natural.

En respuesta a la segunda pregunta, existen algunos instrumentos empíricos para detectar la estacionariedad de una serie de tiempo como: la visualización de la tendencia en un gráfico de la serie o una representación gráfica de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial. Estos métodos pueden resultar imprecisos.

De manera formal, se puede realizar una prueba conocida como la prueba de *Dickey-Fuller (DF)*. [Gujarati and Porter, 2010] en su trabajo, presenta esta prueba considerando el siguiente modelo:

$$X_t = \rho X_{t-1} + u_t, \quad t \in \mathbb{Z} \tag{2.5}$$

con  $|\rho| < 1$  y  $u_t$  un ruido blanco.<sup>2</sup> La idea general, es realizar la regresión (2.5) y averiguar si  $\hat{\rho}$  ( $\rho$  estimado) es estadísticamente igual a uno.

El inconveniente es que no podemos estimar (2.5) por MCO y probar la hipótesis de que  $\rho = 1$  mediante el estadístico  $t$  ya que este no sigue una distribución  $t$  - student. Dickey y Fuller probaron mediante simulaciones de Monte Carlo que el estadístico  $t$  sigue una distribución especial y lo denotaron por  $\tau$ . Entonces, si restamos a cada lado de la ecuación (2.5) el término  $X_{t-1}$  se tiene:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + u_t, \quad t \in \mathbb{Z} \quad (2.6)$$

donde,  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias y  $\delta = \rho - 1$ .

Por tanto, la prueba consiste en contrastar la hipótesis:

$$\begin{cases} H_0 : \delta = 0 \text{ (La serie no es estacionaria, } \rho = 1) \\ H_1 : \delta < 0. \text{ (} \rho < 1) \end{cases} \quad (2.7)$$

Entonces, si se rechaza  $H_0$ , la serie es estacionaria.

Cabe mencionar que, luego de hacer una primera "diferenciación" se debe realizar la prueba DF para corroborar si la serie es estacionaria, caso contrario se debe hacer una segunda "diferenciación" hasta conseguir el objetivo.

**Observación:** [Capa, 2007] menciona que en series económicas en general se puede llegar a diferenciar hasta dos veces. Un número de diferencias mayor al necesario, hace que el proceso sea no invertible y la varianza sea mayor con respecto al modelo diferenciado correctamente.

Una extensión a la prueba DF es la prueba de *Dickey-Fuller Aumentada (ADF)*, la cual fue desarrollada para el caso en que el término de error  $u_t$  está correlacionado. La prueba consiste en agregar los valores retardados de la variable dependiente  $\Delta X_t$  y así estimar la siguiente regresión:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t, \quad t \in \mathbb{Z} \quad (2.8)$$

donde,  $\epsilon_t$  es ruido blanco y  $\Delta Y_{t-i} = (Y_{t-i} - Y_{t-i-1})$ .

---

<sup>2</sup>Se llama ruido blanco a una sucesión de variables aleatorias con esperanza cero, igual varianza e independientes en el tiempo.

## 2.4.2. Metodología de Box y Jenkins

La metodología más utilizada para identificar, estimar, verificar y predecir un modelo  $ARIMA(p, d, q)$  (Autoregressive Integrated Moving Average) es la de Box y Jenkins (1970), ya que se puede manejar cualquier tipo de series, estacionarias y no estacionarias. Además, se la ha implementado en la mayoría de los programas estadísticos.

Un modelo  $ARIMA(p, d, q)$  puede representarse por:

$$\Phi(B)(1 - B)^d X_t = \Theta(B)u_t \quad t \in \mathbb{Z} \quad (2.9)$$

donde,  $\Phi(B)$  y  $\Theta(B)$  tienen sus raíces fuera del círculo unidad y  $u_t$  es ruido blanco con varianza  $\sigma^2$ .

Utilizando los trabajos de [Hurtado, 2008] y [Capa, 2008], se resume esta metodología en los siguientes pasos:

- Primeramente, se debe verificar la estacionariedad de la serie (aplicar la prueba ADF), en caso de no ser estacionaria se debe diferenciar hasta alcanzar estacionariedad ( $d > 0$ ).  
Luego, para la elección de los valores de  $p$  y  $q$ , se deben analizar las funciones de autocorrelación parcial (FACP) y autocorrelación (FAC) respectivamente. A esta fase se le llama *identificación a priori*. Por tanto, en esta fase se identifica un modelo  $ARIMA(p, d, q)$  tentativo, cabe mencionar que se puede hallar más de una tripleta  $(p, d, q)$ .
- Para cada tripleta  $(p, d, q)$  obtenida en el punto anterior, se debe estimar los parámetros del modelo  $ARIMA$ . Existen varios métodos de estimación, en este trabajo se utiliza el software estadístico *EViews 8*, el cual utiliza el método de *mínimos cuadrados*.
- Luego de estimar los modelos, se debe utilizar pruebas estadísticas para los parámetros y para verificar la hipótesis de ruido blanco. Si todos los modelos estimados son rechazados, se debe volver al primer punto. Si existen varios modelos estimados que pasan las pruebas estadísticas, se escoge el modelo que tenga el mayor poder predictivo utilizando *MAPE (Mean Absolute*

*Percent Error*) o la mayor cantidad de información utilizando los estimadores de cantidad de información *AIC*, *BIC* y *Hannan – Quinn*. A esta fase se la llama *identificación a posteriori*.

$$AIC(p, q) = \log(\hat{\sigma})^2 + \frac{2(p + q)}{T}$$

$$BIC(p, q) = \log(\hat{\sigma})^2 + (p + q) \frac{\log T}{T}$$

$$HQ(p, q) = \log(\hat{\sigma})^2 + (p + q)c \frac{\log(\log T)}{T}, \quad c > 2$$

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| * 100, \quad y_t \neq 0$$

Donde  $T$  es el número de observaciones,  $\hat{\sigma}^2$  es el estimador de máxima verosimilitud para la varianza del ruido blanco.

- Finalmente, cuando se escoge el mejor modelo se puede realizar la predicción para un periodo posterior al de los datos.

## 2.5. Modelo ARIMAX - Función de Transferencia

Para la descripción de esta sección se utilizan los trabajos de [Novales, 1993], [Pankratz, 1991] y [Andrews et al., 2013].

ARIMAX es el acrónimo de *autoregressive integrated moving-average with exogenous variables*. Esto es una extensión de un modelo ARIMA que incorpora variables exógenas las cuales agregan valor explicativo al modelo.

Las variables exógenas se pueden ver como variables *externas* en el sentido de que la información que contienen proviene de una fuente distinta a la serie de tiempo que se desea estudiar. A este modelo también se lo conoce como modelo de función de transferencia.

Es conveniente especificar un modelo de función de transferencia cuando se cree que una representación adecuada de la estructura estocástica del término de error resultante de la relación de  $X_t$  hacia  $Y_t$  precisa de una modelización *ARIMA*, pues no estaría suficientemente recogida por los sencillos esquemas de autocorrelación utilizados en el modelo de regresión lineal general.

**Definición 5.** Si  $Y_t$  depende de  $X_t$  de alguna manera, se puede escribir esto como:

$$Y_t = f(X_t)$$

donde,  $f(\cdot)$  es llamada *función de transferencia*.

$Y_t$  podría reaccionar a un cambio de  $X_t$  con un retardo de tiempo que se distribuye a lo largo de varios periodos de tiempo. Asumimos que esta relación de retardo distribuido es lineal, por lo que podemos escribir la función de transferencia  $f(X_t)$  como una combinación lineal de sus valores  $X_t$  actuales y pasados así:

$$Y_t = v_0X_t + v_1X_{t-1} + v_2X_{t-2} + \dots$$

También podemos escribir la función de transferencia en la forma del operador de retardo:

$$v(B) = v_0 + v_1B + v_2B^2 + v_3B^3 + \dots$$

donde,  $B^k X_t = X_{t-k}$ .

Por tanto, la representación del modelo de función de transferencia puede ser escrito como:

$$Y_t = C + v(B)X_t + N_t \quad (2.10)$$

donde:

$Y_t$  es la serie de salida (variable dependiente),

$C$  es un término constante,

$X_t$  es la serie de entrada (variable independiente),

$N_t$  es la perturbación estocástica del modelo que admitirá una representación univariante:

$$N_t = \frac{\theta(B)\Theta(B)}{\phi(B)\Phi(B)}u_t$$

donde las mayúsculas hacen referencia a la naturaleza estacional de los polinomios respectivos y  $u_t$  es un ruido blanco gaussiano, es decir, tiene distribución normal.

$v(B)X_t$  es la función de transferencia (o función de respuesta al impulso), la cual permite que  $X$  influya en  $Y$  a través de un retardo distribuido.

Los coeficientes  $v_j$  se denominan pesos de respuesta de impulso, estos pueden ser positivos o negativos. Cuanto mayor sea el valor absoluto de cualquier peso  $v_j$ , mayor es la respuesta de  $Y_t$  a un cambio de  $X_{t-j}$ .

La serie de salida  $Y_t$  puede no reaccionar inmediatamente a un cambio de la serie de entrada  $X_t$ , así algunos pesos iniciales pueden ser cero, a estos se los llama tiempo muerto y se los denota por  $b$ . Por ejemplo, si  $v_0 = v_1 = v_2 = 0$  y  $v_3 \neq 0$ , entonces  $b = 3$ .

Teóricamente, la función de transferencia  $v(B)X_t$  tiene un número infinito de coeficientes. Entonces, podemos escribir la función de transferencia como un polinomio racional distribuido de retardos de orden finito.<sup>3</sup>:

$$v(B)X_t = \frac{\omega_h(B)B^b}{\delta_r(B)}X_t$$

donde:

$\omega_h(B) = \omega_0 + \omega_1 B + \omega_2 B^2 + \dots + \omega_h B^h$  (polinomio de medias móviles);

$\delta_r(B) = 1 - \delta_1(B) - \delta_2(B^2) - \dots - \delta_r(B^r)$  (polinomio autorregresivo);

$B^b$  incorpora el tiempo muerto.

Un instrumento básico en la especificación del modelo de función de transferencia es la *función de correlación cruzada*, definida como el cociente entre la covarianza de  $X$  e  $Y$ , a distintos retardos, y el producto de sus desviaciones típicas:

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{s_x s_y}$$

donde:

$$\gamma_{xy}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{T-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y}) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\gamma_{xy}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=k+1}^T (x_{t-k} - \bar{x})(y_t - \bar{y}) \quad k = 0, -1, -2, \dots$$

### Identificación de un modelo de función de transferencia

La identificación del modelo de transferencia consiste en obtener valores aproximados de los coeficientes de la función de respuesta al impulso  $v(B)$ , de modo que puedan

<sup>3</sup>También se conoce como la función respuesta de impulso de Koyck, véase [Pankratz, 1991], cap.4

utilizarse los órdenes  $r$  y  $h$  de los de los polinomios  $\delta(B)$  y  $\omega(B)$  respectivamente, así como el tiempo muerto  $b$ .

Si las variables que se pretende relacionar no son estacionarias, sus funciones de correlación cruzada, autocorrelación y autocorrelación parcial, no decaerán rápidamente hacia cero. Por tanto, es necesario transformar mediante diferencias para lograr estacionariedad, lo cual se denota como:  $y_t = \Delta^d Y_t$ ,  $x_t = \Delta^d X_t$  y  $n_t = \Delta^d N_t$ . Entonces:

$$y_t = v(B)x_t + n_t$$

que conserva los mismo coeficientes de la original.

Para obtener estimaciones de los coeficientes de la función de respuesta al impulso  $v_0, \dots, v_n$ , se debe resolver el siguiente sistema con las estimaciones muestrales de la función de correlación cruzada:

$$\begin{bmatrix} \gamma_{xy}(0) \\ \gamma_{xy}(1) \\ \vdots \\ \gamma_{xy}(q) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{xx}(0) & \gamma_{xx}(1) & \dots & \gamma_{xx}(q) \\ \gamma_{xx}(1) & \gamma_{xx}(0) & \dots & \gamma_{xx}(q-1) \\ \vdots & & & \vdots \\ \gamma_{xx}(q) & \gamma_{xx}(q-1) & \dots & \gamma_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \\ \vdots \\ v_q \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

### Estimación de un modelo de función de transferencia

Una vez identificado el modelo de transferencia (sin estacionalidad):

$$y_t = \frac{\omega_h(B)}{\delta_r(B)} x_t + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} u_t$$

y dados unos valores iniciales  $(x_0, y_0, u_0)$  podemos obtener los residuos sucesivos  $u_t(b, \omega, \delta, \phi, \frac{\theta}{x_0}, y_0, u_0)$  a partir de  $t_0 = \max\{r, s + b\} + 1$  y, bajo el supuesto de normalidad, tratar de minimizar la suma de cuadrados:

$$\min S^2(b, \delta, \omega, \rho) = \min \sum^T u_t^2(b, \delta, \omega, \frac{\rho}{x_0}, y_0, u_0)$$

Utilizando derivadas parciales, el vector gradiente se debe igualar al cero vector:

$$\frac{\partial u_t}{\partial \delta} = 0; \quad \frac{\partial u_t}{\partial \omega} = 0; \quad \frac{\partial u_t}{\partial \rho} = 0; \quad \frac{\partial u_t}{\partial b} = 0$$

para lo cual se puede utilizar el algoritmo de Gauss-Newton (estimación de mínimos cuadrados<sup>4</sup>) a partir de estimaciones iniciales  $\hat{\theta} = (\hat{\delta}, \hat{\omega}, \hat{\rho}, \hat{b})$ .

<sup>4</sup>Véase [Novales, 1993], capítulo 12, sección 6.

## Verificación del modelo de función de transferencia

Para una correcta especificación de la función de transferencia es necesario que los residuos estén libres de autocorrelación, para contrastar la hipótesis nula  $H_0$  : *los residuos del modelo son ruido blanco*, se puede utilizar el estadístico  $Q$  de Ljung y Box que se distribuye como una chi-cuadrado con  $g + 1 - (r + h - 1)$  grados de libertad, donde  $r$  y  $h$  son los órdenes de los polinomios AR y MA respectivamente de la función de transferencia y que no dependen del modelo del ruido.

Ahora supongamos la forma racional de retardos para dos entradas o dos variables independientes  $X_{t1}, X_{t2}$ , entonces tenemos:

$$\begin{aligned} Y_t &= v_1(B)X_{t1} + v_2(B)X_{t2} \\ &= \frac{\omega_1(B)B^{b_1}}{\delta_1(B)}X_{t1} + \frac{\omega_2(B)B^{b_2}}{\delta_2(B)}X_{t2} \end{aligned}$$

donde:

$$\omega_i(B) = \omega_{0i} + \omega_{1i}B + \omega_{2i}B^2 + \dots + \omega_{h_i}B^{h_i}$$

para  $i = 1, 2$

$$\delta_i(B) = 1 - \delta_{1i}(B) + \delta_{2i}(B^2) + \dots + \delta_{r_i}(B^{r_i})$$

para  $i = 1, 2$

Si extendemos para  $M$  entradas, la notación es la siguiente:

$$\begin{aligned} Y_t &= \sum_{i=1}^M v_i(B)X_{ti} \\ &= \sum_{i=1}^M \frac{\omega_i(B)B^{b_i}}{\delta_i(B)}X_{ti} \end{aligned}$$

Por tanto, el modelo de función de transferencia para  $M$  entradas puede ser descrito por la siguiente ecuación:

$$Y_t = \sum_{i=1}^M \frac{\omega_i(B)B^{b_i}}{\delta_i(B)}X_{ti} + N_t \quad (2.12)$$



La perturbación estocástica puede ser escrita en la forma general de un modelo  $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$

$$N_t = \frac{\theta(B)\Theta(B^s)}{\phi(B)\Phi(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D}u_t \quad (2.13)$$

donde,  $u_t$  es un ruido blanco gaussiano, es decir, sigue una distribución normal. En este caso se dice que la ecuación (2.12) sigue un modelo ARIMAX.

### 2.5.1. Algoritmo ARIMAX

La construcción de un modelo ARIMAX, básicamente consiste de dos fases: construir un modelo de regresión lineal estadísticamente sólido y luego los errores de la regresión lineal son modelados con términos AR y MA para así eliminar cualquier correlación serial estadísticamente significativa.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Verificar que la variable dependiente  $Y_t$  y las variables exógenas  $X_{ti}$  sean estacionarias para  $i = 1, \dots, n$ . Caso contrario, convertir las series en series estacionarias.
2. Realizar la prueba de causalidad de Granger bi-direccional ( $Y_t \leftrightarrow X_{ti}$ ) para  $i = 1, \dots, n$ . En este punto nos interesa una causalidad unidireccional ( $X_t \rightarrow Y_t$ ), es decir, que la variable independiente  $X_t$  cause a la manera de Granger a  $Y_t$ .
3. Realizar un análisis de correlación entre las variables exógenas restantes. Si existe un par de variables con una correlación mayor a 0,7 se remueve la variable que menos correlación tenga con la variable dependiente  $Y$ .
4. Construir un modelo de regresión lineal estadísticamente significativo sin presencia de multicolinealidad.
5. Evaluar los residuos mediante las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial y agregar términos AR o MA. En este punto se puede aplicar la metodología de Box y Jenkins para establecer el modelo adecuado.

# Capítulo 3

## Metodología Analítica

En este capítulo se describe la metodología empleada en la construcción del modelo de stress test, para lo cual se inicia con la descripción de la variable dependiente y las variables independientes, se ajusta el modelo de series temporales con variables exógenas- ARIMAX (modelo de función de transferencia) a nuestra base de datos, para finalmente presentar los resultados y proceder a validar el modelo obtenido.

### 3.1. Construcción del modelo de stress

La información considerada para la construcción del modelo de stress consiste en datos de series de tiempo con frecuencia mensual desde enero 2006 hasta marzo 2016. Estos datos han sido tomados de las entidades de regulación como: Banco Central del Ecuador (BCE), Superintendencia de Bancos del Ecuador (SBE) e Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

#### 3.1.1. Variable dependiente

Para este estudio se considera como variable dependientes al índice de morosidad del crédito de consumo otorgados por los bancos privados del Ecuador. La SBE según la nota técnica número 5, calcula este índice como sigue:

$$\text{Morosidad Consumo} = \frac{\text{Cartera Improductiva Consumo}}{\text{Cartera Bruta Consumo}}$$

La cartera improductiva de consumo se refiere a la cartera de crédito que no devenga intereses ni ingresos y la cartera vencida están compuestas por:

- Cartera de Créditos de Consumo que no devenga intereses.
- Cartera de Créditos de Consumo Reestructurada que no devenga intereses.
- Cartera de Créditos de Consumo Vencida.
- Cartera de Créditos de Consumo Reestructurada Vencida.

La cartera bruta de consumo está compuesta por:

- Cartera de Créditos de Consumo por Vencer.
- Cartera de Créditos de Consumo Reestructurada por Vencer.
- Cartera de Crédito Improductiva de Consumo.

La cartera por vencer es aquella cuyo plazo no ha vencido y aquella vencida hasta 30 o 60 días posteriores a la fecha de vencimiento de la operación o de acuerdo a lo establecido en el respectivo contrato, sin perjuicio del cálculo de los intereses por mora a que hubiere lugar desde el día siguiente del vencimiento de la operación.

La cartera que no devenga es la que ha dejado de pagar unas cuotas conforme la norma de cartera, pero todavía no cumple las condiciones para ser trasladada a cartera vencida, por lo que ha dejado de ganar intereses.

La cartera vencida es la que tiene más tiempo de atraso que la cartera que no devenga y tiene más dificultades para recuperarse, ya no genera intereses ni ingresos.

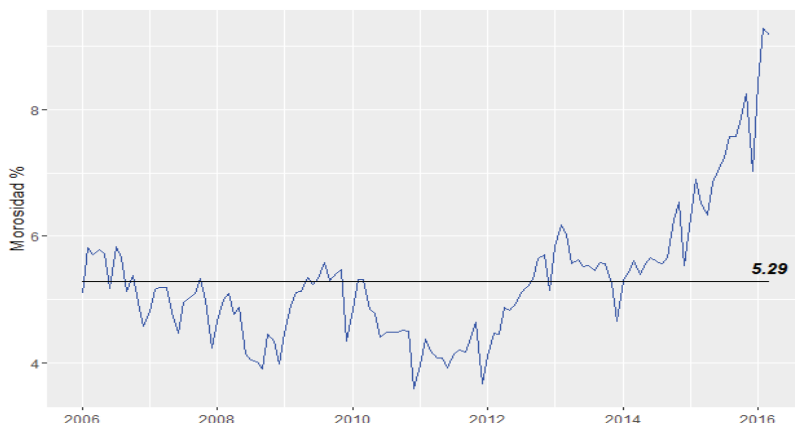


Figura 3.1: Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** SBE

Como se puede ver en la figura 3.1, a partir del año 2014 se tiene un comportamiento creciente importante sobre el promedio (5,29 %), llegando a febrero 2016 un índice de morosidad de 9,29 %, el mismo que se considera como un máximo en el periodo de estudio.

Una cartera en impago elevada genera un problema que compromete la viabilidad a largo plazo del sistema financiero, pues esto conlleva a un problema de liquidez haciendo que se desestabilice el sistema.

Si el supervisor conoce los niveles de significancia de los factores que influyen en el índice de morosidad, podría implementar un sistema de alerta basado en dichos factores. De tal manera podría anticipar y minimizar los efectos a eventos desfavorables de la economía o políticas gubernamentales.

### 3.1.2. Variables independientes

A continuación se describe los factores que se consideraron para la elaboración del modelo estadístico, evaluando el impacto de las variables de carácter macroeconómico (PIB, inflación, etc.) así como las que están relacionadas en la gestión del sistema financiero (liquidez, margen de intermediación, etc.). Adicionalmente, se introduce un indicador que recoge el impacto de la caída del precio del petróleo.

### 3.1.2.1. Factores Macroeconómicos

Según [Vallcorba and Delgado, 2007] todavía no existe a nivel teórico un modelo general que permita precisar los determinantes de la morosidad bancaria. Sin embargo, existen trabajos que analizan los factores macroeconómicos que pueden contribuir a explicar la morosidad en el sistema financiero, aunque las variables empleadas por los diferentes países no coinciden en su totalidad.

Los factores macroeconómicos que generalmente se incluyen en los análisis son los siguientes: variación real del producto interno bruto (PIB), precios de las materias primas, nivel de ingresos y empleo, inflación, tipos de tasas de interés, nivel de endeudamiento, depreciación de la moneda, tipo de cambio real, entre otros.

Cabe mencionar que el grado de significancia y el signo de las variables difiere entre los diferentes trabajos realizados.

Para el presente estudio se consideran las siguientes variables<sup>1</sup>:

- **Índice de actividad económica coyuntural - IDEAC**

IDEAC es un indicador económico de periodo mensual, estructurado con variables físicas de producción que señalan la tendencia de la actividad económica coyuntural.<sup>2</sup> El objetivo es presentar una visión *instantánea* de la coyuntura económica en base a la evolución de distintas actividades. Este indicador está diseñado para reflejar las variaciones reales de la producción.

Su forma de cálculo es:

$$IDEAC = \sum_{j=1}^n W_j * IQ_j, \text{ con } j = 1, \dots, n$$

$$W_j = \frac{VAB_j}{\sum_{j=1}^n VAB_j}$$

$$IQ_j = \frac{Q_{j,t}}{\tilde{Q}_j} * 100$$

<sup>1</sup>Las definiciones han sido tomadas del documento "Metodología de la Información Estadística Mensual", Banco Central del Ecuador, abril 2011, 3ra edición.

<sup>2</sup> Se entiende como actividad económica coyuntural a la situación actual de la economía y sus perspectivas futuras.

Donde:

$n$  es el número de industrias consideradas en el cálculo del IDEAC.

$VAB_j$  es el Valor Agregado Bruto de la industria  $j$ .

$W_j$  es la ponderación relativa del Valor Agregado Bruto de la industria  $j$ .

$Q_{j,t}$  es el volumen de producción de la industria  $j$ , en el mes  $t$ .

$\tilde{Q}_j$  es el volumen de producción promedio de los 12 meses del año base de la industria  $j$ .

$IQ_j$  es el índice de volumen de producción la industria  $j$ .

Para construir el IDEAC se toman como base las ponderaciones registradas en las Cuentas Nacionales, así se seleccionan las diferentes industrias tomando en cuenta el peso relativo dentro del PIB, además de la viabilidad para conseguir información mensual.

Las industrias seleccionadas y que alcanzan una cobertura superior al 60% del PIB total son: banano, café y cacao, pesca y caza, refinación de petróleo, carnes y elaborados de pescado, cereales y panadería, manufactura, electricidad, construcción y obras públicas, comercio, transporte, servicios financieros y servicios gubernamentales.



Figura 3.2: Índice de actividad económica coyuntural - IDEAC e Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** BCE, SBE

Se espera que el IDEAC presente una relación negativa con respecto a la morosidad, pues cuando se tiene una expansión en la economía, las empresas y familias deberían

presentar menor dificultad para cumplir sus obligaciones financieras.

[Aguilar et al., 2004] en su trabajo concluyen que la tasa de crecimiento del nivel de actividad, con dos retardos, tiene un impacto negativo y significativo.

Por otra parte, [Méndez et al., 2001] estiman que el indicador de morosidad disminuye cuando la actividad económica crece luego de doce meses.

#### ▪ Precio barril de petróleo

Este factor indica el precio del barril de petróleo fijado en base al marcador estadounidense West Texas Intermediate (WTI). Dado que Ecuador es un país exportador neto de petróleo, se ha demostrado que el crecimiento económico reacciona positivamente cuando sube el precio del petróleo y de manera negativa cuando desciende el mismo.

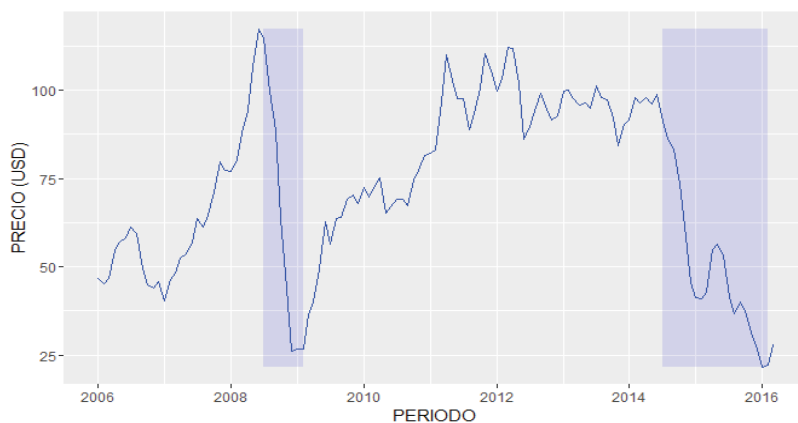


Figura 3.3: Precio petróleo WTI, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: BCE

Se observa en la figura 3.3 que existe una importante caída del precio en el periodo de julio-2008 a febrero-2009 y a partir de julio-2014 hasta marzo-2016.

Este factor nos permite construir dos variables para nuestro estudio:

**Crecimiento precio petróleo:** esta variable contiene el porcentaje de crecimiento del precio del petróleo con respecto al mes anterior. Se la calcula de la siguiente manera:

$$\text{Crecimiento} = \frac{\text{Observación final} - \text{Observación inicial}}{\text{Observación inicial}} * 100 \quad (3.1)$$

**Crisis:** esta es una variable binaria la cual indica 1 si existe una caída permanente en el precio del petróleo (Véase la figura 3.3), 0 caso contrario.

## ■ Exportaciones

Este factor consta de las exportaciones de productos primarios no petroleros (banano y plátano, café y elaborados, camarón, cacao y elaborados, atún y pescado, flores, entre otros.) y las exportaciones de productos industrializados no petroleros (Químicos y fármacos, manufacturas de metales, manufacturas de textiles, maderas terciadas y prensadas, extractos y aceites vegetales, entre otros.), de este modo se puede construir las variables crecimiento aplicando la ecuación (3.1).



Figura 3.4: Exportaciones primarias e industrializadas no petroleras, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: BCE

## ■ Importaciones

Se considera las importaciones de bienes de consumo, es decir, compras en el exterior de bienes aptos para ser consumidos directamente por la población, sin que medie ningún proceso de transformación, y las importaciones de bienes de capital las cuales se refieren a las importaciones de maquinaria y equipo, principalmente, destinadas a incrementar el capital de las empresas de distintos sectores (agricultura, industria y equipos de transporte). De esta manera se puede medir el crecimiento mensual de las importaciones en cada segmento.



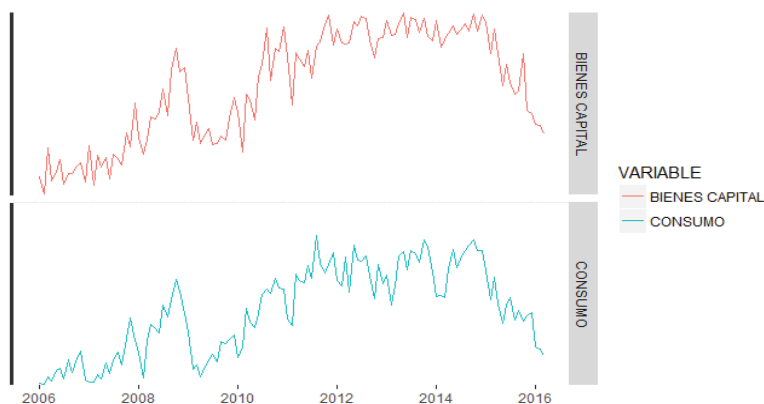


Figura 3.5: Importaciones de bienes de capital y consumo, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: BCE

### ■ Inflación

La inflación mide el aumento del nivel general de los precios de bienes y servicios consumidos por los hogares. El indicador fundamental para calcular la inflación es el índice de precios al consumidor (IPC), el cual se lo mide de forma anual, mensual y acumulado. Para este estudio se considera la inflación mensual. La inflación promedio en el periodo de estudio es 0,3391 %.

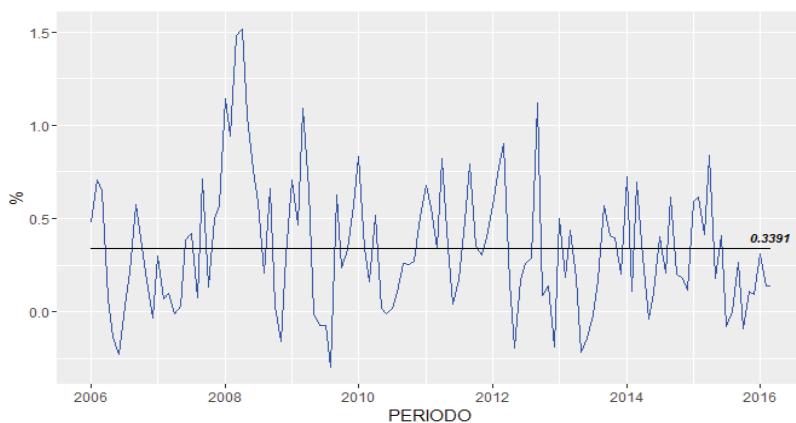


Figura 3.6: Inflación mensual, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: BCE

### ■ Índice de confianza al consumidor - ICC

Este índice define el nivel de optimismo que tienen los hogares respecto de sus percepciones actuales y futuras en relación al consumo, a la situación económica del hogar y al escenario económico del país; convirtiéndose en un indicador clave del estado general de la economía. Su medida se encuentra en el intervalo de 0 a 100, siendo 0 un reflejo de una percepción negativa ante la situación actual y el porvenir económico del país y el hogar. Por el contrario, 100 refleja un nivel muy optimista de la situación económica actual y futura.

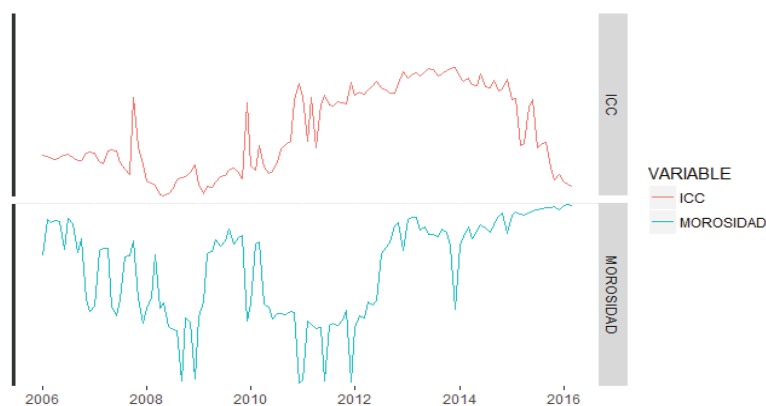


Figura 3.7: Índice de confianza al consumidor e Índice de Morosidad del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** BCE

Podemos notar en la figura 3.7 que el índice de morosidad es alto cuando la confianza del consumidor es baja y cuando la morosidad es baja la confianza del consumidor es alta.

#### ■ Desempleo

El mercado laboral es el lugar en donde convergen la oferta y demanda de trabajo y se obtienen indicadores de empleo, desempleo y subempleo. La encuesta de empleo desempleo y subempleo (ENEMDU) es realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Machala y Ambato de manera mensual en 4.000 hogares del área urbana del país. Para el caso ecuatoriano, la variable desempleo está medida con frecuencia anual desde el año 2006 hasta el año 2010 y a partir de este último se mide con frecuencia trimestral hasta el periodo de marzo 2016. Sin embargo, para la construcción de esta variable se utiliza

la técnica de interpolación lineal para llenar los datos faltantes. La tasa promedio de desempleo en el periodo de estudio es 6,34 %.

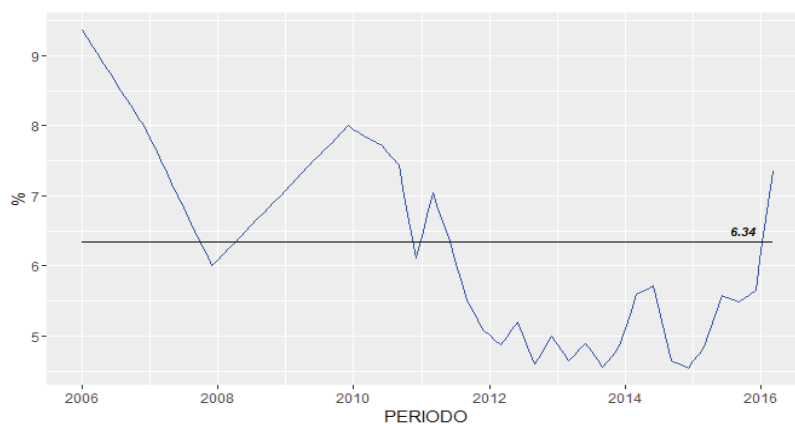


Figura 3.8: Tasa de desempleo urbano, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** INEC

#### ■ Canasta Familiar Básica

La Canasta Familiar Básica (CFB) es un conjunto de bienes y servicios que son indispensables para satisfacer las necesidades básicas un hogar compuesto por 4 miembros con 1,6 perceptores de ingresos, que ganan la remuneración básica unificada. Calcular el costo de esta canasta es necesario para el análisis de la relación entre remuneraciones e inflación<sup>3</sup>.

De la información anterior, se construye una variable que mide en qué porcentaje cubre el ingreso familiar mensual a la canasta básica como sigue:

$$RESTRICCIÓN = \frac{\text{Costo Canasta Básica} - \text{Ingresos Familiares}}{\text{Costo Canasta Básica}} * 100$$

Si *Restricción* < 0, se entiende que los *ingresos familiares* son mayores y por tanto superan el costo de la *canasta familiar básica*.

Por ejemplo, para marzo 2016 el costo de la canasta básica fue 680,70 USD y el ingreso familiar mensual 683,20 USD, por tanto se plantea una recuperación (restricción en caso de que la diferencia sea positiva) en el consumo de 2,50 USD, esto es

<sup>3</sup>La información se encuentra en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/>

$RESTRICCIÓN = -0,37\%$  del costo actual en ese instante de tiempo de la canasta básica.

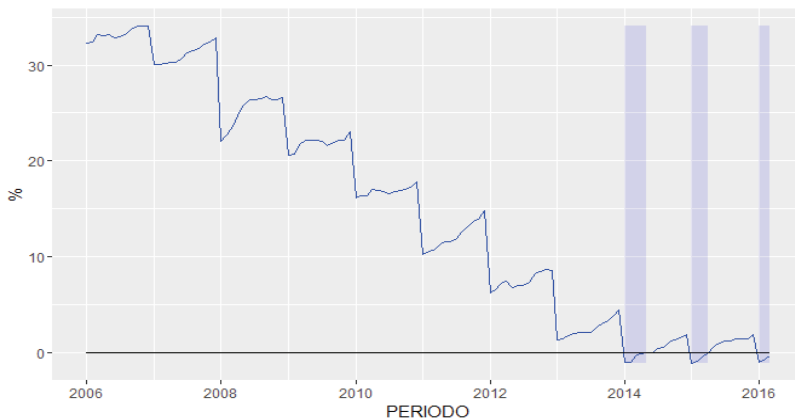


Figura 3.9: Restricción, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: INEC

En la figura 3.9 podemos observar un comportamiento cíclico de periodo anual y que a partir del año 2014, el ingreso familiar ha sido superior al valor de la canasta básica en los primeros meses del año.

### 3.1.2.2. Factores Microeconómicos

Los factores microeconómicos son aquellos que están relacionados con las políticas de manejo y estrategias de participación del mercado de cada entidad (o conjunto de entidades), es decir, son factores internos. Estos factores son importantes debido a que una adecuada selección de créditos y el mantenimiento de un sistema de vigilancia para la recuperación de los mismos, disminuye la tasa de morosidad de la cartera crediticia.

Dentro de los boletines financieros publicados por la SBE, se encuentran indicadores que miden la calidad de activos, liquidez, rendimiento, rentabilidad, eficiencia operativa, entre otros. Para este estudio se toman en cuenta los siguientes factores <sup>4</sup>:

- **Rendimiento de Patrimonio - ROE**

Mide la rentabilidad del patrimonio, a mayores valores de este ratio representan mejores condiciones de la empresa. Se calcula de la siguiente manera:

<sup>4</sup>Nota técnica No 5, Boletines Financieros - SBE

$$ROE = \frac{\frac{\text{Ingresos} - \text{Gastos}}{\text{Número de mes}} * 12}{\text{Patrimonio promedio}}$$

Donde el patrimonio promedio se refiere al promedio de los valores del patrimonio registrados al finalizar el ejercicio anterior y los siguientes, hasta el mes de cálculo.

$$\text{Patrimonio promedio} = \frac{\text{Patrimonio}(\text{dic}) + \text{Patrimonio}(\text{ene}) + \dots + \text{Patrimonio}(\text{mes actual})}{\text{Número de mes} + 1}$$

Para calcular el ROE se debe realizar una estimación previa de Ingresos anuales y Gastos anual, esto se hace dividiendo el valor de cada uno para el número de meses al que corresponde, para obtener un promedio mensual que al multiplicarlo por 12 resulte en un total global (anual).

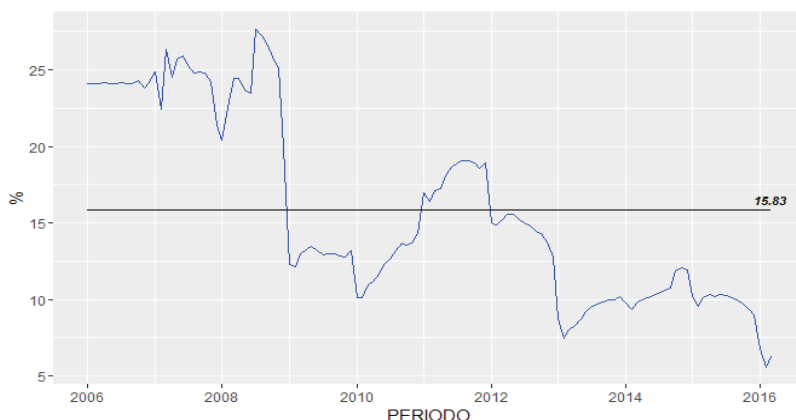


Figura 3.10: Rendimiento de Patrimonio - ROE del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** SBE

Como se puede observar en la figura 3.10 a partir del año 2012 presenta un decrecimiento por debajo del promedio (15,83 %) en el periodo de estudio, llegando a marzo 2016 un ROE de 6,25 %.

#### ▪ Índice de liquidez

La liquidez es la capacidad de atender obligaciones de corto plazo, por poseer dinero en efectivo o activos que se transforman fácilmente en efectivo.

$$\text{Índice de liquidez} = \frac{\text{Fondos disponibles}}{\text{Total depósitos a corto plazo}}$$

Donde, los fondos disponibles son los recursos que representan dinero en efectivo y el total de depósitos a corto plazo se consideran dentro de 90 días.

Esta relación permite conocer la capacidad de respuesta del sistema de bancos privados, frente a los requerimientos de efectivo de sus depositantes, en el corto plazo.

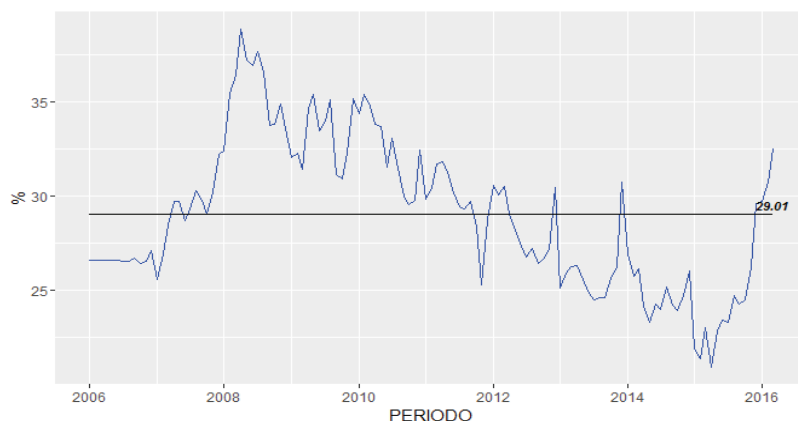


Figura 3.11: Índice de liquidez del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** SBE

Notemos en la figura 3.11 que el máximo índice de liquidez es 38,86 % correspondiente a abril-2008 y que el sistema de bancos privados obtuvo el índice de liquidez mas bajo de 20,92 % en abril-2015.

#### ■ Crédito de consumo

Este factor fue definido en la sección 1.1 y da paso para la construcción de dos variables:

**Crecimiento créditos de Consumo:** corresponde al crecimiento del volumen de crédito de consumo con respecto al mes anterior.

**Participación del Crédito de Consumo:** esta variable representa el porcentaje de los créditos de consumo con respecto al total de la cartera crediticia.

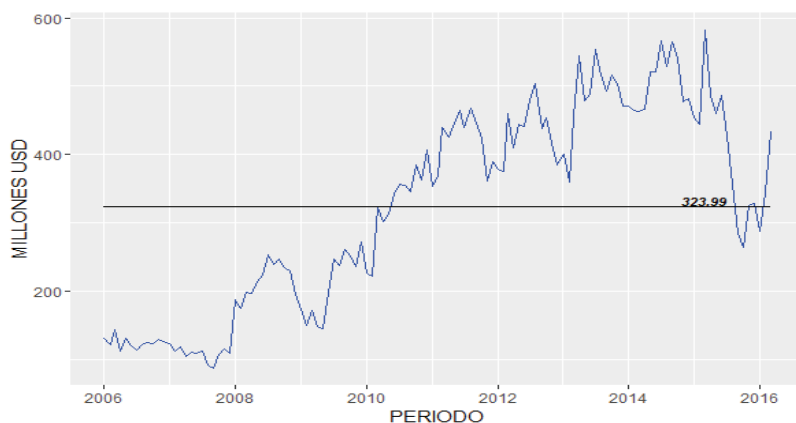


Figura 3.12: Créditos de Consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: SBE

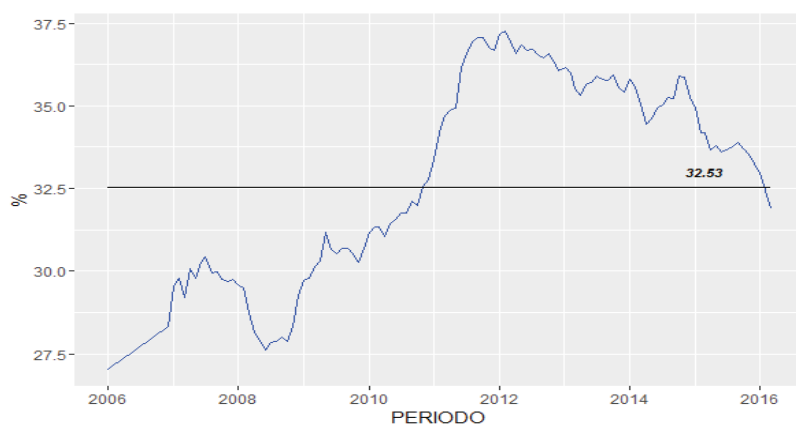


Figura 3.13: Participación del crédito de consumo del sistema de bancos privados, periodo enero 2006 - marzo 2016.

Fuente: SBE

#### ■ Margen de Intermediación

Son las ganancias netas generadas por el negocio de la intermediación financiera. Por tanto, se define como la diferencia entre la tasa activa y la tasa pasiva de interés.

$$\text{Margen de Intermediación} = \text{Tasa activa} - \text{Tasa pasiva}$$

Donde, la tasa activa (colocación) es la que reciben los intermediarios financieros de los demandantes por los préstamos otorgados y la tasa pasiva (captación) es la que pagan los intermediarios financieros a los oferentes de recursos por el dinero captado.

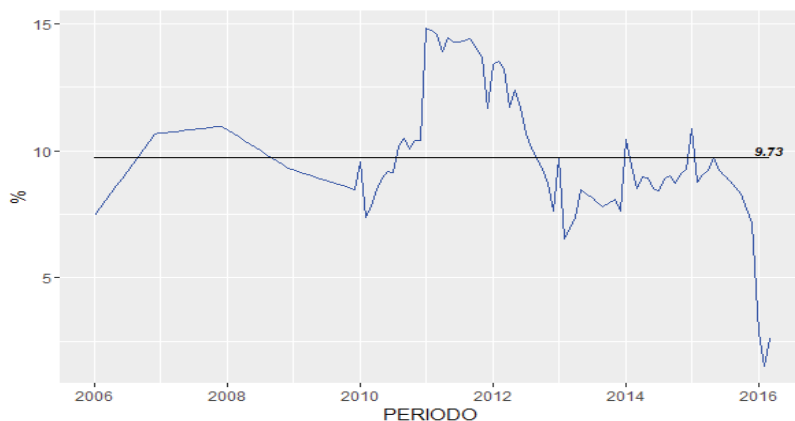


Figura 3.14: Margen de Intermediación, periodo enero 2006 - marzo 2016.

**Fuente:** SBE

La existencia de altos márgenes de intermediación, puede estar indicando baja eficiencia de mercado que no generan incentivos al proceso de ahorro e inversión de la economía, perjudicando una adecuada intermediación de los fondos de ahorro y crédito afectando el crecimiento de largo plazo de una economía.

### 3.1.3. Modelamiento

Para el modelamiento se utilizan los datos desde enero 2006 hasta septiembre 2015, el resto de datos se guardará para la validación del mismo. Se utilizan los programas estadísticos Eview 8 y R.

Siguiendo el algoritmo descrito en la sección 2.5.1 se tiene:

#### 1.- Verificar estacionariedad de las variables.

Se analiza la presencia de raíces unitarias en las series originales consideradas en la sección anterior, realizando la prueba de estacionariedad de Dickey-Fuller Aumentada (DFA). El significado de las variables se encuentra en el Anexo A.



Tabla 3.1: Test de raíces unitarias DFA para series originales.

<b>Variable</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob</b>
<b>MOROSIDAD*</b>	0.3860	0.990
<b>IDEAC</b>	-1.5975	0.744
<b>CREC_CRUDO</b>	-5.0252	0.010
<b>CREC_EXP_NP</b>	-6.0395	0.010
<b>CREC_EXP_PROD_IND_NP</b>	-5.9098	0.010
<b>CREC_IMP_CONSUMO</b>	-5.5009	0.010
<b>CREC_IMP_BIEN_CAP</b>	-5.8371	0.010
<b>INFLACION_MENSUAL</b>	-4.5544	0.010
<b>ICC</b>	-0.8249	0.957
<b>DESEMPLEO</b>	-1.1786	0.907
<b>RESTRICCIÓN</b>	-2.8517	0.223
<b>ROE</b>	-2.8305	0.232
<b>IND_LIQ</b>	-2.2471	0.474
<b>CREC_CRED_CONSUMO</b>	-4.9118	0.010
<b>PARTIC_CONSUMO</b>	-0.4929	0.981
<b>M_INTER</b>	-1.2905	0.871

\*Variable dependiente

-Hipótesis Nula: La serie tiene una raíz unitaria.

-Las regresiones incluyen constante y tendencia.

El test indica que si la probabilidad es menor a 0,05 (95 % de confiabilidad) se rechaza la hipótesis nula, es decir, se rechaza que la serie posee una raíz unitaria. Por tanto, para las series que no se rechaza la hipótesis nula realizamos una diferencia no estacional.

Tabla 3.2: Test de raíces unitarias DFA para series con una diferencia no estacional.

<b>Variable</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob</b>
<b>D(MOROSIDAD)*</b>	-5.8498	0.010
<b>D(IDEAC)</b>	-6.6302	0.010
<b>D(ICC)</b>	-6.5051	0.010
<b>D(DESEMPLEO)</b>	-3.4150	0.045
<b>D(RESTRICCIÓN)</b>	-6.5913	0.010
<b>D(ROE)</b>	-4.6724	0.010
<b>D(IND_LIQ)</b>	-4.6874	0.010
<b>D(PARTIC_CONSUMO)</b>	-3.0539	0.139
<b>D(M_INTER)</b>	-3.2125	0.049

\*Variable dependiente

-Hipótesis Nula: La serie tiene una raíz unitaria.

-Las regresiones incluyen constante y tendencia.

Podemos notar que la serie *PARTICIPACION\_CONSUMO* aún tiene raíz unitaria. Se procede a realizar una segunda diferencia no estacional.

Tabla 3.3: Test de raíces unitarias DFA para series con dos diferencias no estacionales.

<b>Variable</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob</b>
<b>D(D(PARTIC_CONSUMO))</b>	-6.4238	0.010

\*Variable dependiente

-Hipótesis Nula: La serie tiene una raíz unitaria.

-Las regresiones incluyen constante y tendencia.

Luego, de los resultados obtenidos se puede concluir que las series son estacionarias con una diferencia no estacional, excepto la serie *PARTICIPACION\_CONSUMO*

que necesita dos diferencias no estacionales.

## 2.- Análisis de causalidad.

Para el análisis de causalidad se realiza el test de causalidad de Granger, el cual contrasta la siguiente hipótesis nula:

$$H_0 : \text{La variable 1 no causa a la manera de Granger la variable 2.}$$

Tabla 3.4: Test de causalidad de Granger.

Variable 1	→	Variable 2	Prob(>F)
D(MOROSIDAD)		CREC_CRUDO	0.9075
CREC_CRUDO		D(MOROSIDAD)	0.0226 *
D(MOROSIDAD)		CREC_EXP_NP	0.0236 *
CREC_EXP_NP		D(MOROSIDAD)	0.6130
D(MOROSIDAD)		CREC_EXP_PROD_IND_NP	0.0003 *
CREC_EXP_PROD_IND_NP		D(MOROSIDAD)	0.0500 *
D(MOROSIDAD)		CREC_IMP_CONSUMO	0.0153 *
CREC_IMP_CONSUMO		D(MOROSIDAD)	0.0047 *
D(MOROSIDAD)		CREC_IMP_BIEN_CAP	0.0473 *
CREC_IMP_BIEN_CAP		D(MOROSIDAD)	0.0456 *
D(MOROSIDAD)		INFLACION_MENSUAL	0.0584
INFLACION_MENSUAL		D(MOROSIDAD)	0.0010 *
D(MOROSIDAD)		D(IDEAC)	0.0001 *
D(IDEAC)		D(MOROSIDAD)	0.8267
D(MOROSIDAD)		D(DESEMPLEO)	0.0551
D(DESEMPLEO)		D(MOROSIDAD)	0.1699
D(MOROSIDAD)		D(ICC)	0.2321
D(ICC)		D(MOROSIDAD)	0.3049
D(MOROSIDAD)		D(RESTRICCIÓN)	0.0000 *
D(RESTRICCIÓN)		D(MOROSIDAD)	0.0552
D(MOROSIDAD)		D(ROE)	0.0429 *
D(ROE)		D(MOROSIDAD)	0.1459

D(MOROSIDAD)	D(IND_LIQ)	0.2181
D(IND_LIQ)	D(MOROSIDAD)	0.0018 *
D(MOROSIDAD)	CREC_CRED_CONSUMO	0.0219 *
CREC_CRED_CONSUMO	D(MOROSIDAD)	0.0054 *
D(MOROSIDAD)	D(D(PARTIC_CONSUMO))	0.0000 *
D(D(PARTIC_CONSUMO))	D(MOROSIDAD)	0.0547
D(MOROSIDAD)	D(M_INTER)	0.0102 *
D(M_INTER)	D(MOROSIDAD)	0.3331

-Retardos: k=6

Los resultados de la tabla 3.4 muestran que las variables *CREC\_EXP\_PROD\_IND\_NP*, *CREC\_IMP\_CONSUMO*, *CREC\_IMP\_BIEN\_CAP* y *CREC\_CRED\_CONSUMO* presentan causalidad bidireccional a la manera de Granger con la variable *MOROSIDAD*, por tanto no se las toma en cuenta para la construcción del modelo ya que estamos interesados en efectos unidireccionales. Los efectos bidireccionales serían posibilidad de estudios posteriores, pues pueden requerir técnicas más sofisticadas como los vectores autorregresivos (VAR).

### 3.- Análisis de Correlación.

Se procede a construir una matriz de correlación para las variables exógenas.

Se observa en la figura 3.15 que ninguna variable está altamente correlacionada, por tanto no se descarta ninguna de las variables restantes para la construcción del modelo.

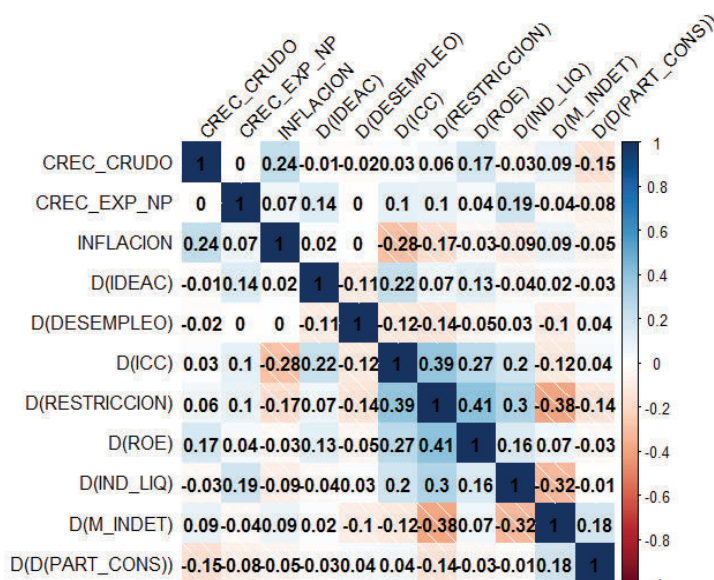


Figura 3.15: Matriz de correlación para variables exógenas.

#### 4.- Regresión lineal múltiple.

El objetivo es explicar el comportamiento de la morosidad de los créditos de consumo del sistema de bancos privados, utilizando factores macroeconómicos (7) y factores microeconómicos (4) y una variable ficticia que recoge la información de la caída del petróleo.

Se parte de un modelo de regresión lineal múltiple donde se incluyen 2, 4 y 6 retardos de cada variable, excepto para la variable *CRISIS* (variable ficticia).

Se realizó una estimación que incorporaba una variable macroeconómica importante como desempleo, pues se pensaba que si una persona estaba desempleada existía una alta probabilidad de que el individuo caiga en impago de sus obligaciones, incluso el desempleo de meses pasados podía afectar el cumplimiento de sus obligaciones, pero debido a la calidad de los datos no resultó significativa.

Las variables inflación mensual, ROE, crecimiento de exportaciones no petroleras, participación del crédito de consumo y sus respectivos rezagos tampoco resultaron significativas. Por tanto, el modelo estimado al cual llamaremos modelo 1 es el siguiente:

Tabla 3.5: Modelo 1

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Significancia	Intervalo de confianza al 95 %	
				Inferior	Superior
CRISIS	0.0520	0.0193	0.0293	0.0139	0.0900
D(IDEAC)	-0.0024	0.0009	0.0053	-0.0041	-0.0007
D(ICC)	-0.0490	0.0172	0.0054	-0.0831	-0.0148
D(RESTRICCIÓN)	-0.0410	0.0171	0.0186	-0.0750	-0.0070
D(IND_LIQ)	-0.0731	0.0193	0.0003	-0.1114	-0.0348
D(IND_LIQ(-4))	-0.0582	0.0183	0.0019	-0.0944	-0.0220
D(MARGEN_INTER)	-0.0840	0.0397	0.0366	-0.1627	-0.0053

$-R^2 - \text{ajustada}$ : 0,3712       $-\text{AIC}$ : 0,4520       $-\text{MAPE}$ : 27,62 %  
 $-\text{S.E}$  regresión: 0,2943       $-\text{BIC}$ : 0,6219  
 $-\text{Log. Max. Veros.}$ : -18,313       $-\text{HQ}$ : 0,5209

Las variables de la tabla anterior resultan estadísticamente significativas al 95 % de confianza. La variable  $D(IND\_LIQ(-4))$  indica el índice de liquidez con cuatro retardos y una diferencia no estacional. Además, se calculan los estimadores de cantidad de información AIC, BIC y Hannan-Quinn; el porcentaje de error medio absoluto (MAPE) y el logaritmo de máxima verosimilitud.

#### 4.1- Multicolinealidad.

Para la detección de multicolinealidad, calculamos la matriz de correlación lineal para las variables del modelo 1.

Se observa en la figura 3.16 que no existe una alta correlación lineal entre las variables.

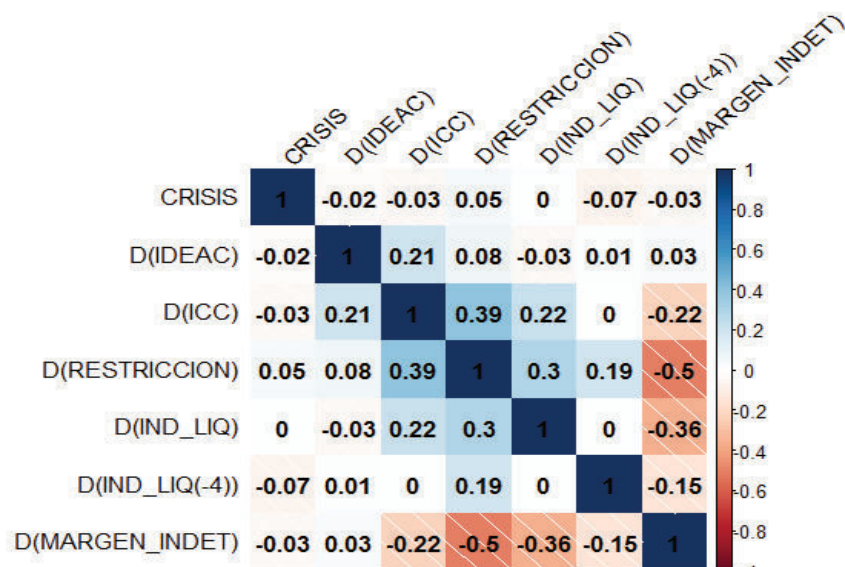


Figura 3.16: Matriz de correlación para variables exógenas del modelo estimado.

Para complementar este análisis calculamos los valores propios de la matriz de correlación lineal y de este modo obtener el índice de condición (IC).

$$IC = \sqrt{\frac{\lambda_{max}}{\lambda_{min}}} = \sqrt{\frac{2,0583}{0,4462}} = 2,1476$$

Para el modelo 1 se tiene un  $IC = 2,1476 < 10$ , lo que implica que no hay presencia de multicolinealidad.

## 5.- Análisis de residuos

Realizamos una representación gráfica de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para verificar si los residuos del modelo 1 se comportan como un ruido blanco, es decir, si los residuos son no correlacionados, centrados y gaussianos.

Sample: 2006M01 2015M09  
 Included observations: 112  
 Q-statistic probabilities adjusted for 7 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.105	-0.105	1.2654	0.261
		2 -0.275	-0.289	10.058	0.007
		3 0.063	-0.005	10.519	0.015
		4 -0.124	-0.216	12.332	0.015
		5 -0.039	-0.076	12.511	0.028
		6 0.142	0.030	14.946	0.021
		7 0.123	0.141	16.786	0.019
		8 -0.043	0.034	17.009	0.030
		9 -0.020	0.057	17.061	0.048
		10 -0.215	-0.222	22.831	0.011
		11 -0.180	-0.238	26.934	0.005
		12 0.446	0.317	52.362	0.000
		13 -0.030	-0.074	52.479	0.000
		14 -0.199	-0.092	57.662	0.000
		15 0.050	-0.116	57.989	0.000
		16 -0.087	-0.047	58.992	0.000
		17 -0.025	0.080	59.073	0.000
		18 0.041	-0.049	59.300	0.000
		19 0.098	-0.020	60.622	0.000
		20 0.014	-0.023	60.648	0.000
		21 -0.063	-0.054	61.206	0.000
		22 -0.085	0.025	62.229	0.000
		23 -0.042	0.069	62.487	0.000
		24 0.293	0.122	74.922	0.000

Figura 3.17: FAC y FACP residuales estimadas del modelo 1.

Podemos notar en la figura 3.17 que los errores aún no pueden ser considerados como ruido blanco, puesto que se salen de las bandas de confianza  $\left[-\frac{1,96}{\sqrt{T}}, \frac{1,96}{\sqrt{T}}\right]$  asumiendo un nivel de significancia del 5 %, donde  $T$  es el número de observaciones.

Para lograr que los residuos se comporten como ruido blanco, agregamos términos autorregresivos (AR) y/o términos media móvil (MA), identificando y estimando (mínimos cuadrados ordinarios) un nuevo modelo con la metodología de Box y Jenkins.

En base al correlograma de los residuales estimados del modelo 1, se decidió incluir los coeficientes AR(12), MA(1) y MA(11) y resultaron significativos. Luego de realizar las pruebas estadísticas concernientes a los parámetros y a la hipótesis de ruido blanco se obtiene un nuevo modelo al cual lo llamaremos modelo 2.



Tabla 3.6: Modelo 2.

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Significancia	Intervalo de confianza al 95 %	
				Inferior	Superior
<b>CRISIS</b>	0.1078	0.0281	0.0002	0.0520	0.1636
<b>D(IDEAC)</b>	-0.0016	0.0007	0.0233	-0.0029	-0.0002
<b>D(ICC)</b>	-0.0239	0.0115	0.0412	-0.0467	-0.0010
<b>D(RESTRICCIÓN)</b>	-0.0628	0.0212	0.0040	-0.1050	-0.0206
<b>D(IND_LIQ)</b>	-0.0345	0.0134	0.0115	-0.0611	-0.0079
<b>D(IND_LIQ(-4))</b>	-0.0429	0.0138	0.0025	-0.0702	-0.0155
<b>D(MARGEN_INTER)</b>	-0.1076	0.0310	0.0008	-0.1692	-0.0460
<b>AR(12)</b>	0.7094	0.0664	0.0000	0.5776	0.8412
<b>MA(11)</b>	-0.6012	0.0680	0.0000	-0.7363	-0.4661
<b>MA(1)</b>	-0.3428	0.0744	0.0000	-0.4905	-0.1950

$-R^2 - ajustada$ : 0,6890     $-AIC$ : -0,2287     $-MAPE$ : 8,00 %  
 $-S.E$  regresión: 0,2058     $-BIC$ : 0,0318  
 $-Log. Max. Veros.$ : 21,4344     $-HQ$ : -0,1232

Para el modelo 2 podemos observar que todas las variables incluyendo los términos autorregresivos y media móvil son estadísticamente significativos al 95 % de confianza.

$R^2 - ajustada$  nos indica que el modelo 2 explica el 68,90 % de la variabilidad en el incremento de la morosidad.

Utilizando la notación de función de transferencia, el modelo 2 puede ser escrito de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 D(MOROSIDAD_t) = & \frac{0,1078}{1 - 0,7094B} CRISIS_t - \frac{0,0016}{1 - 0,7094B} D(IDEAC_t) - \\
 & \frac{0,0239}{1 - 0,7094B} D(ICC_t) - \frac{0,0628}{1 - 0,7094B} D(RESTRICCIÓN_t) - \\
 & \frac{0,0345 + 0,0429B^3}{1 - 0,7094B} D(IND\_LIQ_t) - \frac{0,1076}{1 - 0,7094B} D(IDEAC_t) + \\
 & \frac{1 - 0,3428B - 0,6012B^{11}}{1 - 0,7094B} u_t
 \end{aligned}$$

La variable crisis tiene un efecto positivo y significativo promedio de 0,1078 para el incremento de la tasa de morosidad, manteniendo el resto de factores constante.

En lo concerniente a los factores macroeconómicos tal como se esperaba, el índice de actividad económica coyuntural tiene un impacto negativo y significativo en el incremento de la tasa de morosidad, es decir, que a mayor crecimiento de la economía disminuye el incremento de la morosidad de los créditos de consumo del sistema de bancos privados del Ecuador. En otras palabras se puede decir que las fluctuaciones económicas se transmiten de forma rápida a los créditos en mora.

El impacto del incremento de la tasa de morosidad al incremento del índice de actividad económica coyuntural es en promedio  $-0,0016$ , manteniendo el resto de variables constantes.

El incremento de la morosidad en promedio es explicado por el índice de confianza al consumidor en  $-0,0239$ , manteniendo el resto de variables constantes. Se espera que el incremento de la confianza al consumidor ayude a disminuir el incremento de la morosidad del sistema de banco privados.

El incremento de la variable restricción tiene un efecto negativo y significativo en el incremento de la morosidad, es decir, que cada vez que los ingresos familiares mensuales no superan el costo de la canasta básica familiar (restricción en el consumo), el incremento de la morosidad disminuye en promedio  $-0,0628$ , fijando el resto de variables constantes.

En cuanto a los factores microeconómicos, el incremento del índice de liquidez conjuntamente con el incremento del índice de liquidez, rezagado cuatro periodos, tienen un impacto negativo y significativo promedio de  $-0,0345$  y  $-0,0429$  respectivamente en el incremento de la morosidad, manteniendo el resto de variables constantes.

El incremento de la morosidad en promedio es explicado por el incremento del margen de intermediación en  $-0,1076$ , manteniendo el resto de variables constantes. El deterioro de este margen puede llevar a que el sistema de bancos privados se vea presionado a percibir mayor rentabilidad en el corto plazo, de este modo colocar

mayor crédito de consumo con mayor riesgo lo cual aumentará la probabilidad de mora.

Además, se ha estimado que el incremento de la morosidad rezagado doce periodos (un año atrás), contribuye a explicar el incremento del índice de morosidad, esto se debe a los créditos de consumo otorgados un año atrás. El impacto promedio es de 0,7094, manteniendo las demás variables constantes.

El impacto de los errores del incremento del índice de morosidad de uno y once periodos atrás son negativos y significativos.

Sample: 2006M01 2015M09  
 Included observations: 100  
 Q-statistic probabilities adjusted for 3 ARMA terms and 7 dynamic regressors

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	0.067	0.067	0.4657	
		2	-0.070	-0.075	0.9720	
		3	0.024	0.035	1.0339	
		4	-0.125	-0.136	2.6811	0.102
		5	-0.091	-0.069	3.5684	0.168
		6	0.108	0.102	4.8373	0.184
		7	0.045	0.027	5.0600	0.281
		8	0.025	0.025	5.1282	0.400
		9	0.000	-0.027	5.1282	0.527
		10	-0.200	-0.187	9.6593	0.209
		11	-0.005	0.049	9.6618	0.290
		12	-0.159	-0.202	12.607	0.181
		13	-0.109	-0.077	13.992	0.173
		14	-0.073	-0.157	14.618	0.201
		15	0.059	0.044	15.039	0.239
		16	0.050	0.036	15.337	0.287
		17	0.111	0.092	16.863	0.264
		18	-0.052	-0.072	17.195	0.307
		19	-0.091	-0.054	18.227	0.311
		20	0.024	0.027	18.304	0.370
		21	-0.081	-0.067	19.159	0.382
		22	0.127	0.079	21.280	0.322
		23	0.165	0.064	24.876	0.206
		24	-0.022	-0.099	24.942	0.250

Figura 3.18: FAC y FACP residuales estimadas del modelo 2.

Por otra parte, los residuos estimados del modelo 2 se comportan como ruido blanco, pues se encuentran dentro de la banda de confiabilidad.

En lo que concierne a los indicadores estadísticos de calidad (se deben minimizar los estimadores, salvo el logaritmo de máxima verosimilitud que se debe maximizar) el modelo 2 (Véase tabla 3.6) es superior al modelo 1 (Véase tabla 3.5) como se muestra a continuación:

Tabla 3.7: Estadísticos de calidad.

MODELOS	S.E Regresión	AIC	BIC	HQ	Log. Verosimil.	MAPE
<b>Modelo 1</b>	0.2943	0.4520	0.6219	0.5219	-18.313	27.62 %
<b>Modelo 2*</b>	0.2058	-0.2287	0.0318	-0.1232	21.434	8.00 %
<b>Modelo 2**</b>	0.2058	-0.2287	0.0318	-0.1232	21.434	3.22 %

\* Pron. Dinam.

\*\* Pron. Estat.

Además, el modelo 2 tiene un mayor poder predictivo puesto que el error porcentual absoluto medio (MAPE) disminuye considerablemente con respecto al modelo 1. Cabe mencionar que en ciertas ocasiones no se logran minimizar todos los criterios, por tanto se debe elegir el modelo que cumpla con el mayor número de criterios.

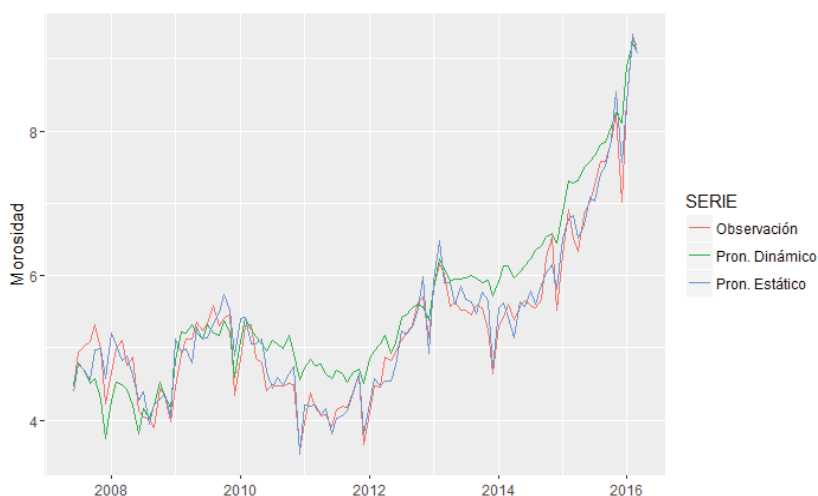


Figura 3.19: Comparación de predicciones del modelo 2 con valores reales, periodo junio 2007 - marzo 2016.

En la figura 3.19 podemos observar dos tipos de pronósticos, los pronósticos estáticos y los pronósticos dinámicos. Los pronósticos estáticos se calculan con los valores de la serie original, mientras que los pronósticos dinámicos a partir del segundo periodo se utiliza el valor estimado y no el valor real del periodo precedente (para el primer periodo ambas predicciones coinciden).

Una vez que se encuentra el mejor modelo que describe a los datos de la morosidad del crédito de consumo de los bancos privados, se lo utiliza para comparar los valores de predicción con los valores verdaderos que se guardaron para la validación del modelo (octubre 2015 - marzo 2016). Para confirmar que el modelo 2 realiza buenas predicciones a corto plazo, se grafican conjuntamente con los intervalos de confianza correspondientes (nivel de confianza 95 %).

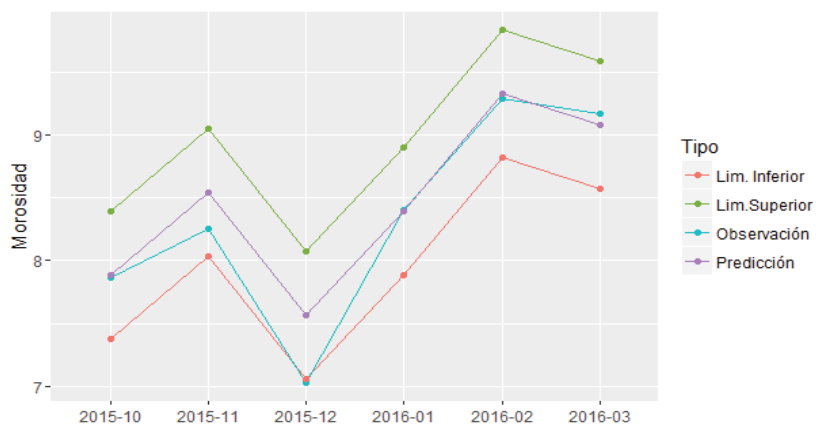


Figura 3.20: Comparación de predicciones del modelo 2 con valores reales, periodo octubre 2015 - marzo 2016.

Al observar la figura 3.20 se puede corroborar lo mencionado anteriormente, es decir, que el modelo 2 estimado mediante la metodología ARIMAX es un buen modelo para pronosticar el índice de morosidad del crédito de consumo para el sistema de bancos privados del Ecuador.

Además, se realizó una validación cruzada para examinar la estabilidad de los parámetros estimados en el tiempo. Se escogió tres ventanas de tiempo, la primera corresponde al periodo 2006 – 2009, la segunda ventana de tiempo corresponde al periodo 2008 – 2012 y la última ventana de tiempo a 2010 – 2016.

Se observa que el 77 % de los parámetros estimados en las diferentes ventanas de tiempo se encuentran dentro del intervalo de confianza (95 %) calculado para los estimadores del modelo, lo cual es aceptable. (Véase Anexo B)

Finalmente, se estima un modelo de series de tiempo con la metodología usual para comparar los resultados con la metodología propuesta. Un modelo válido para

SD(MOROSIDAD) es:

Tabla 3.8: Modelo 3.

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Significancia	Intervalo de confianza al 95 %	
				Inferior	Superior
<b>AR(12)</b>	-0.580	0.0766	0.0000	-0.7325	-0.4279
<b>AR(3)</b>	0.320	0.0674	0.0000	0.1866	0.4546
<b>MA(11)</b>	-0.694	0.0687	0.0000	-0.8307	-0.5576
-R <sup>2</sup> – ajustada: 0,4751		-AIC: -0,2514			
-S.E regresión: 0,2099		-BIC: -0,1691			
-Log. Max. Veros.: 14,5649		-HQ: -0,2182			

Donde, SD(MOROSIDAD) representa la serie del índice de morosidad con una diferencia no estacional (d=1) y una diferencia estacional (D=12).

Matemáticamente, el modelo 3 se lo puede representar como sigue:

$$SD(MOROSIDAD_t) = 0,320 * SD(MOROSIDAD_{t-3}) - 0,580 * SD(MOROSIDAD_{t-12}) + u_t - 0,694 * u_{t-11}$$

Sample: 2006M01 2015M09  
Included observations: 92  
Q-statistic probabilities adjusted for 3 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.113	-0.113	1.2099	
		2 0.085	0.074	1.9113	
		3 0.045	0.063	2.1089	
		4 -0.074	-0.070	2.6455	0.104
		5 0.006	-0.019	2.6488	0.266
		6 0.110	0.122	3.8619	0.277
		7 -0.043	-0.011	4.0494	0.399
		8 0.033	0.000	4.1598	0.527
		9 0.095	0.096	5.0938	0.532
		10 -0.093	-0.059	6.0032	0.539
		11 0.120	0.085	7.5502	0.479
		12 -0.144	-0.135	9.7840	0.368
		13 -0.055	-0.078	10.114	0.431
		14 -0.082	-0.101	10.865	0.455
		15 0.017	0.019	10.899	0.538
		16 -0.174	-0.165	14.348	0.350
		17 0.099	0.040	15.485	0.346
		18 -0.157	-0.117	18.352	0.245
		19 -0.167	-0.190	21.659	0.155
		20 0.093	0.055	22.692	0.160
		21 0.003	0.110	22.693	0.203
		22 -0.120	-0.134	24.484	0.178
		23 0.010	-0.041	24.498	0.221
		24 -0.203	-0.187	29.729	0.098

Figura 3.21: FAC y FACP residuales estimadas del modelo 3.

Los residuos estimados del modelo 3 se comportan como ruido blanco, pues se encuentran dentro de la banda de confiabilidad.

Otro modelo válido para SD(MOROSIDAD) es:

Tabla 3.9: **Modelo 4.**

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Significancia	Intervalo de confianza al 95 %	
				Inferior	Superior
<b>AR(12)</b>	-0.505	0.082	0.0000	-0.669	-0.341
<b>AR(3)</b>	-0.341	0.103	0.0015	-0.548	-0.135
<b>MA(11)</b>	-0.390	0.079	0.0000	-0.547	-0.233
<b>MA(3)</b>	0.643	0.105	0.0000	0.433	0.853

-R<sup>2</sup> – ajustada: 0,413      -AIC: -0,094  
 -S.E regresión: 0,226      -BIC: 0,014  
 -Log. Max. Veros.: 8,366      -HQ: -0,051

Matemáticamente, el modelo 4 se lo puede representar como sigue:

$$SD(MOROSIDAD_t) = -0,341 * SD(MOROSIDAD_{t-3}) - 0,505 * SD(MOROSIDAD_{t-12}) - u_t + 0,643 * u_{t-11} - 0,390 * u_{t-11}$$

Los residuos estimados del modelo 4 se comportan como ruido blanco, pues se encuentran dentro de la banda de confiabilidad.

Sample: 2006M01 2015M09  
Included observations: 92  
Q-statistic probabilities adjusted for 4 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.094	-0.094	0.8411	
		2	0.120	0.112	2.2322	
		3	0.083	0.106	2.8961	
		4	0.039	0.044	3.0452	
		5	-0.021	-0.037	3.0884	0.079
		6	0.146	0.126	5.2190	0.074
		7	0.022	0.049	5.2660	0.153
		8	0.050	0.029	5.5232	0.238
		9	0.013	-0.012	5.5403	0.354
		10	-0.102	-0.133	6.6294	0.356
		11	-0.020	-0.049	6.6708	0.464
		12	-0.149	-0.159	9.0678	0.337
		13	-0.005	-0.019	9.0702	0.431
		14	-0.154	-0.136	11.683	0.307
		15	-0.049	-0.065	11.950	0.367
		16	-0.238	-0.208	18.370	0.105
		17	0.102	0.111	19.561	0.107
		18	-0.163	-0.037	22.671	0.066
		19	-0.188	-0.201	26.849	0.030
		20	-0.015	-0.010	26.877	0.043
		21	-0.006	0.063	26.881	0.060
		22	-0.194	-0.124	31.536	0.025
		23	0.047	-0.010	31.819	0.033
		24	-0.175	-0.201	35.729	0.017

Figura 3.22: FAC y FACP residuales estimadas del modelo 4.

En cuanto a los indicadores estadísticos de calidad (se deben minimizar los estimadores, salvo el logaritmo de máxima verosimilitud que se debe maximizar) el modelo 3 (Véase tabla 3.8) es superior al modelo 4 (Véase tabla 3.9) como se muestra a continuación:

Tabla 3.10: Estadísticos de calidad.

MODELOS	S.E Regresión	AIC	BIC	HQ	Log. Verosimil.	MAPE
<b>Modelo 3*</b>	0.209	-0.251	-0.169	-0.218	14.564	23.73 %
<b>Modelo 3**</b>	0.209	-0.251	-0.169	-0.218	14.564	3.35 %
<b>Modelo 4</b>	0.226	-0.094	0.014	-0.051	8.366	24.61 %

\* Pron. Dinam.

\*\* Pron. Estat.



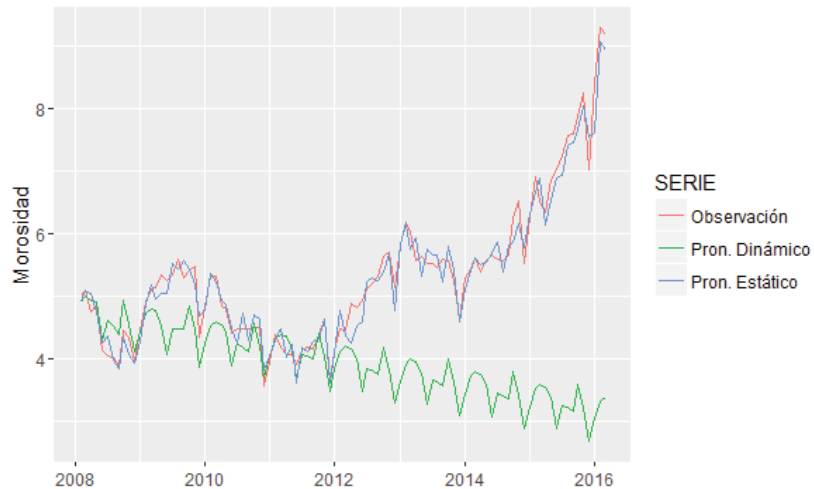


Figura 3.23: Comparación de predicciones del modelo 3 con valores reales, periodo junio 2007 - marzo 2016.

En la figura 3.23 podemos observar dos tipos de pronósticos, los pronósticos estáticos y los pronósticos dinámicos. Si bien los pronósticos estáticos se comportan de una forma similar al del modelo 2, nuestro interés está centrado en los pronósticos dinámicos ya que estos utilizan la estimación precedente para el siguiente pronóstico. A partir del año 2012 se tiene una mala estimación del índice de morosidad.

Una vez que se encuentra el mejor modelo que describe a  $SD(MOROSIDAD)$ , se lo utiliza para comparar los valores de predicción con los valores verdaderos que se guardaron para la validación del modelo (octubre 2015 - marzo 2016). Para confirmar que el modelo 3 realiza buenas predicciones a corto plazo, se grafican conjuntamente con los intervalos de confianza correspondientes (nivel de confianza 95%).

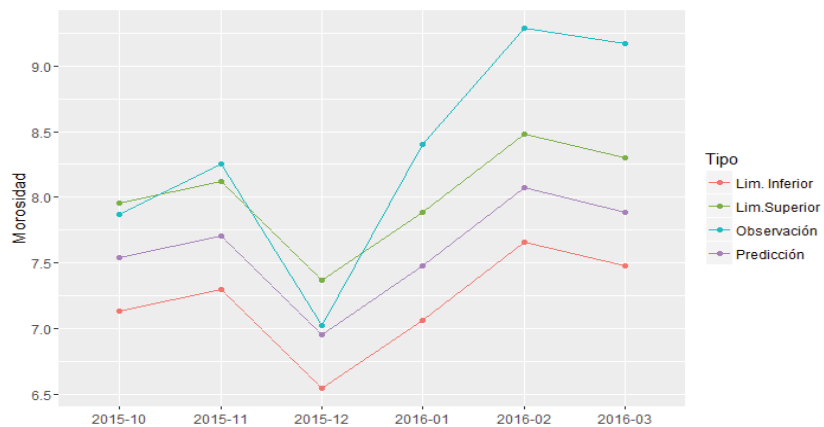


Figura 3.24: Comparación de predicciones del modelo 3 con valores reales, periodo octubre 2015 - marzo 2016.

Sin duda se puede observar en la figura 3.24 que los pronósticos no son buenos para el modelo 3, lo cual ratifica el uso de la metodología propuesta, por tanto, el modelo 2 es el mejor para estimar y pronosticar el índice de morosidad de los créditos de consumo en el sistema de bancos privados.

# Capítulo 4

## Análisis de Escenarios

En este capítulo se evalúan algunos escenarios para analizar el impacto de los factores macroeconómicos y microeconómicos en el índice de morosidad de los créditos de consumo para el sistema de bancos privados del Ecuador. Se divide en dos secciones: la primera sección consiste en un análisis de sensibilidad, es decir, analizar un único factor manteniendo el resto de factores constantes, y la segunda sección consiste en un análisis de dos escenarios, se evalúa un escenario pesimista y un escenario optimista. Para ambos análisis de escenarios se utiliza el modelo 2 estimado.

### 4.1. Análisis de Sensibilidad

#### ■ CRISIS

En septiembre 2015 el índice de morosidad alcanzó el 7,579 % según los datos de la **SBE** y el pronóstico para ese instante de tiempo con el modelo obtenido es 7,517 %. El valor del incremento del índice de actividad económica es 2,38 con respecto al mes anterior, existe un incremento del índice de confianza al consumidor realmente bajo de 0,001, la restricción del consumo de los hogares aumenta en 0,23 %, se incrementa la liquidez con respecto al cuatrimestre anterior en 1,93 % pero disminuye con respecto al mes anterior en -0,44 % y el incremento del margen de intermediación es -0,24 %.

Ahora supongamos que para este tiempo no hubiese existido una caída brusca del precio del petróleo, es decir,  $CRISIS = 0$  manteniendo el resto de factores

constantes, el índice de morosidad para este escenario es 7,409 %.

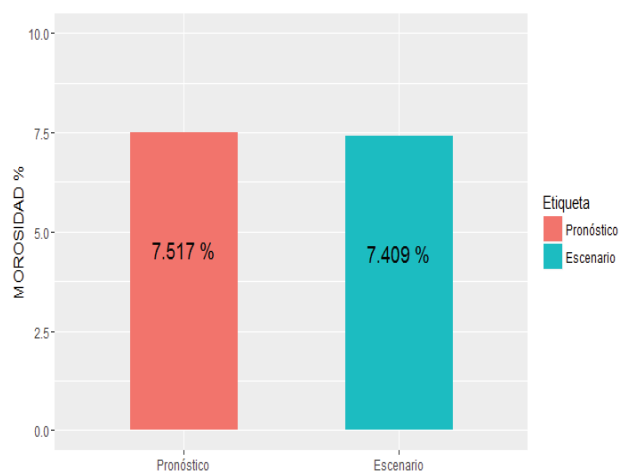


Figura 4.1: Análisis de sensibilidad para la variable CRISIS, septiembre 2015

Este escenario disminuye el índice de morosidad en 0,108 %.

#### ■ D(IDEAC)

Supongamos que el incremento de la variable IDEAC hubiese disminuido en una unidad manteniendo los demás factores constantes, es decir, para septiembre 2015 hubiese pasado de 2,376 a 1,376. Entonces el índice de morosidad hubiese sido 7,519 %

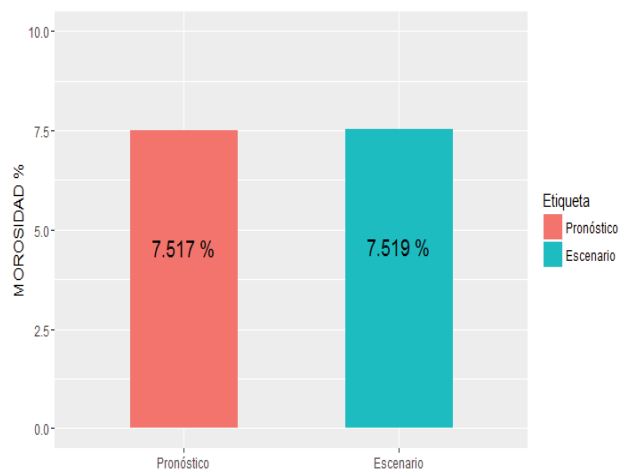


Figura 4.2: Análisis de sensibilidad para la variable D(IDEAC), septiembre 2015

Al realizar el escenario de una caída en la actividad económica coyuntural, el índice de morosidad aumenta en 0,002 % con respecto al pronóstico del punto

de observación. El impacto de esta variable es realmente pequeño, la variable que recoge la información de la caída de petróleo tiene una mayor influencia.

#### ■ D(ICC)

Supongamos que el índice de confianza al consumidor (ICC) hubiese disminuido en 1% y mantenemos las demás variables constantes, observamos que el incremento del ICC hubiese pasado de 0,009 a  $-0,998$  y por tanto el índice de morosidad hubiese sido 7,541%.

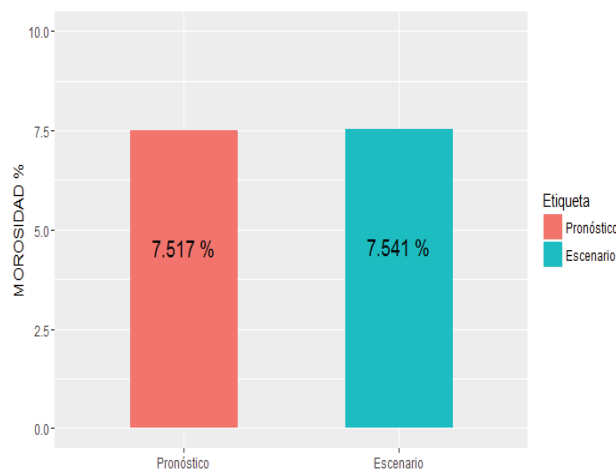


Figura 4.3: Análisis de sensibilidad para la variable D(ICC), septiembre 2015

Se puede observar que este escenario produce un aumento en el índice de morosidad de 0,024% con respecto al pronóstico de septiembre 2015.

#### ■ D(RESTRICCIÓN)

Supongamos que para septiembre 2015 los ingresos familiares mensuales hubiesen sido 659,80 USD, es decir, 1 USD menor al valor real, el costo de la canasta básica hubiese sido 670,53 USD. Entonces utilizando la fórmula descrita en la sección 3.1.2 se calcula la *RESTRICCIÓN* = 1,6% y por tanto el índice de morosidad hubiese sido 7,508% manteniendo los demás factores constantes.

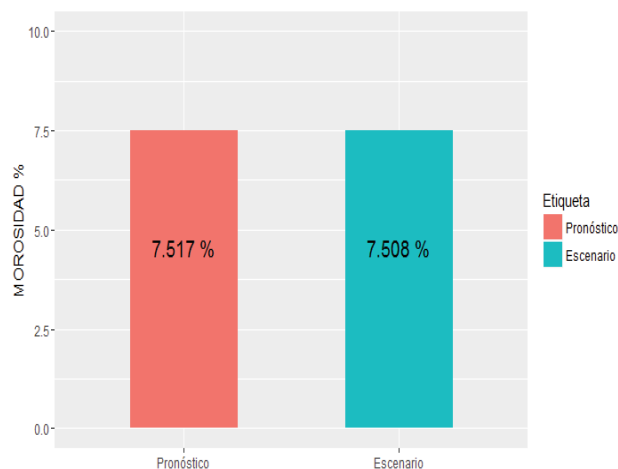


Figura 4.4: Análisis de sensibilidad para la variable D(RESTRICCIÓN), septiembre 2015

Cuando aumenta la variable restricción el índice de morosidad disminuye. Es decir, cuando el incremento de la restricción del consumo aumenta, existe un menor comprometimiento de renta de las familias, esto explica que la morosidad disminuya.

#### ■ D(IND\_LIQ)

En cuanto a los factores microeconómicos, supongamos que el incremento del índice de liquidez hubiese aumentado en 1 % para septiembre 2015 manteniéndose el resto de factores constante. Entonces, el índice de morosidad hubiese sido 7,483 %.

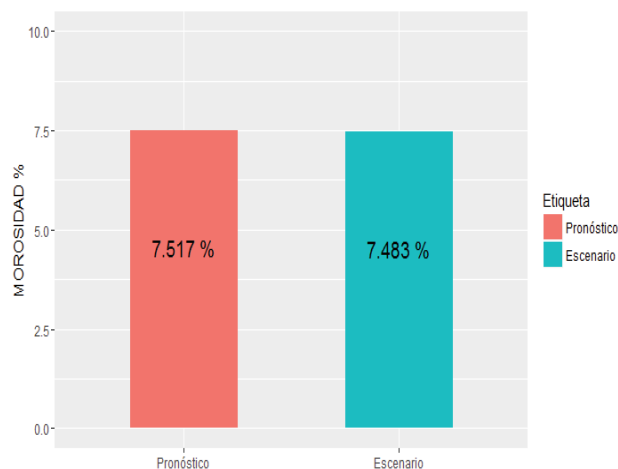


Figura 4.5: Análisis de sensibilidad para la variable  $D((IND\_LIQ))$ , septiembre 2015

Del mismo modo asumiendo que el incremento del índice de liquidez con cuatro rezagos hubiese aumentado en 1 %, el índice de morosidad hubiese sido 7,475 %.

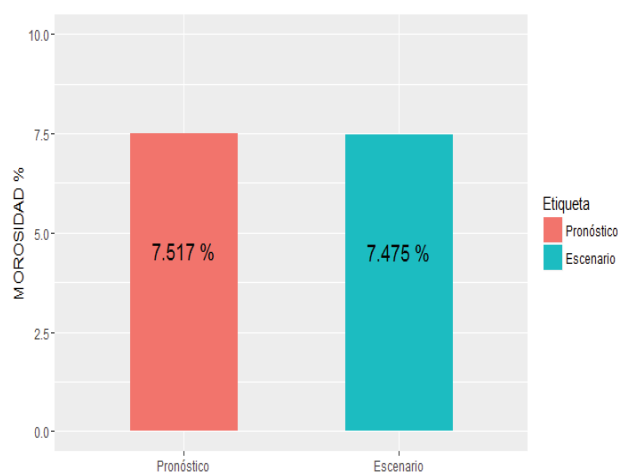


Figura 4.6: Análisis de sensibilidad para la variable  $D((IND\_LIQ(-4)))$ , septiembre 2015

#### ■ **D(MARGEN\_INTER)**

Finalmente, supongamos que el incremento del margen de intermediación hubiese aumentado en 1 % fijando el resto de factores constante, entonces el índice de morosidad es 7,409 %.

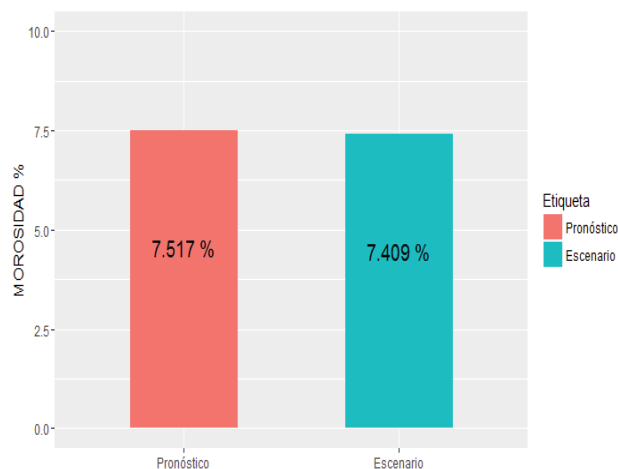


Figura 4.7: Análisis de sensibilidad para la variable D(MARGEN\_INTER), septiembre 2015

De lo anterior podemos observar que las variables que mayor impacto tienen en el índice de morosidad son: crisis y el incremento del margen de intermediación, la primera produce un impacto positivo en el índice de morosidad cuando existe una caída permanente del precio del barril de petróleo y la segunda genera un impacto negativo cuando el incremento del margen de intermediación aumenta.

## 4.2. Análisis de escenarios

Para el Comité de Basilea, un escenario de tensión es una recopilación de suposiciones acerca de las condiciones económicas que son improbables que ocurran en un horizonte de evaluación, pero tendrían efectos muy negativos en cuanto a pérdidas crediticias si ocurrieran.

Se realiza el siguiente análisis de escenarios para dos puntos de observación: septiembre 2015 y marzo 2016.

El primer escenario que se considera es de tipo "pesimista", tomando en cuenta el comportamiento adverso de algunos factores. Supongamos que el incremento del índice de actividad económica coyuntural se hubiese comportado como el mínimo valor en el periodo de estudio, es decir,  $-106,618$ , hubiese existido una caída del



precio del barril de petróleo ( $CRISIS = 1$ ) y el incremento del índice de liquidez para  $t$  y  $(t - 4)$  del sistema de bancos privados hubiese sido  $-5,369\%$  (mínimo valor en el periodo de estudio), fijando el resto de factores constante se obtiene:

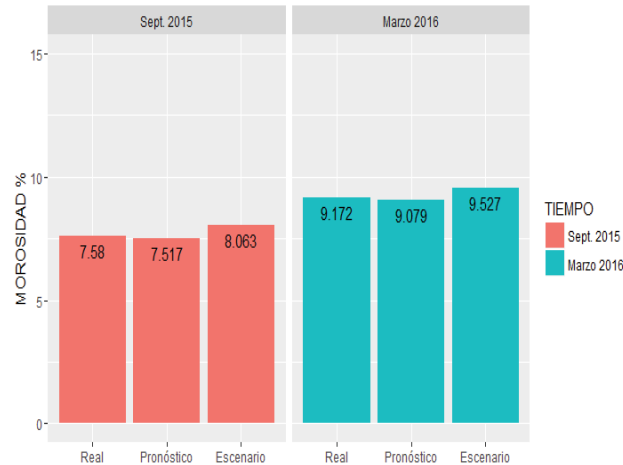


Figura 4.8: Análisis de escenario pesimista

El segundo escenario que se considera es de tipo “optimista” tomando en cuenta los valores históricos más favorables para las variables independientes. Supongamos que no hubiese existido una caída del precio del barril de petróleo ( $CRISIS = 0$ ), el incremento de la confianza del consumidor se hubiese comportado como el valor máximo con respecto al periodo de estudio y el incremento del margen de intermediación hubiese sido el valor máximo respecto al mismo periodo, manteniendo el resto de factores constantes se obtiene:

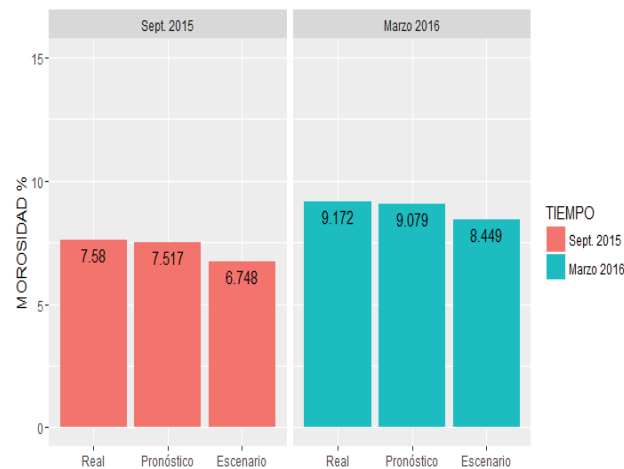


Figura 4.9: Análisis de escenario optimista

Finalmente, se realiza los escenarios anteriores para el periodo de validación septiembre 2010 a marzo 2016.

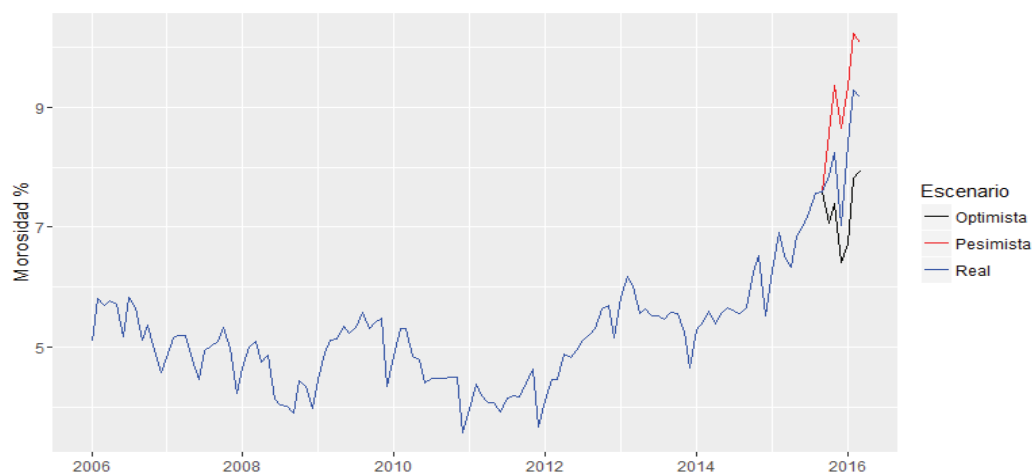


Figura 4.10: Análisis de escenarios

En el gráfico 4.10 se observa que al construir un escenario *optimista*, el índice de morosidad mínimo que alcanza es 6,40 % en diciembre 2015 y el máximo es 7,93 % en marzo 2016 .

Por otra parte, el escenario *pesimista* alcanza un valor mínimo de 8,57 % en octubre 2015 y su valor máximo es de 10,23 % en febrero 2016.

## Capítulo 5

# Conclusiones y Recomendaciones

El riesgo de crédito es el riesgo más importante al que debe hacer frente una entidad o sistema financiero, pues la principal actividad del sistema financiero ecuatoriano es la concesión de créditos. La manifestación de este riesgo es el índice de morosidad, es decir, las obligaciones que no han sido pagadas a tiempo por los acreditados. El índice de morosidad afecta de forma negativa y, si esta es elevada la entidad o sistema puede quebrar.

Entender la morosidad del sistema financiero sirve para anticipar dificultades dentro del mismo. Aunque no provoque una quiebra, puede causar muchos trastornos al sector real de la economía, accionistas y a las entidades de supervisión bancaria.

En el Ecuador a partir del año 2014 se evidencia un crecimiento importante del índice de morosidad para la cartera de crédito de consumo, alcanzando un valor máximo de 9,29 % en febrero 2016.

El objetivo de esta investigación es construir un modelo de stress asociado a la morosidad de la cartera de consumo en el sistema financiero ecuatoriano, particularmente en el sistema de bancos privados para el periodo enero 2006 a marzo 2016, utilizando tanto factores macroeconómicos como microeconómicos.

El modelo de stress obtenido permite realizar seis predicciones del índice de morosidad del sistema de bancos privados. Constituye un aporte técnico importante para la política de supervisión del sistema financiero, debido a que la predicción

adecuada del índice de morosidad del crédito de consumo permitirá realizar una mejor gestión y control de dicha cartera de crédito. Además, se puede realizar un análisis de sensibilidad y evaluar escenarios hipotéticos gracias a los factores externos incluidos en el modelo lo que debería ser un aporte para mejorar la política económica y anticipar dificultades que pueden causar trastornos al sector real de la economía.

Tomando en consideración los resultados obtenidos, podemos enumerar las siguientes conclusiones:

1. Parece claro que la actividad económica influye en el índice de morosidad: durante una recesión de la economía, las familias y empresas captan menos ingresos lo que dificulta el cumplimiento de sus obligaciones; por lo contrario, cuando hay una expansión de la economía existe una mayor captación de ingresos y el índice de morosidad decrece como se aprecia en la figura 3.2. Este factor coincide con la bibliografía revisada, ya que el incremento del índice de actividad económica coyuntural presenta un efecto negativo para el incremento de morosidad.

A esto podemos añadir que el Ecuador siendo un país exportador de petróleo, el incremento del índice de morosidad se ve afectado de forma positiva cuando existe una caída permanente del precio de barril de petróleo (WTI).

2. Se estima que si el incremento del índice de confianza al consumidor aumenta, entonces el incremento del índice de morosidad disminuye. Es decir, si el consumidor se siente optimista frente a la situación actual y futura de la economía es porque sus ingresos no han decaído, por tanto, pueden cubrir todas sus obligaciones.
3. El incremento del factor *RESTRICCIÓN* el cual recoge la información del costo de la canasta básica y los ingresos familiares mensuales resultó significativa y negativa. Es decir, cuando existe una restricción en el consumo de las familias (*RESTRICCIÓN* > 0) el incremento del índice de morosidad disminuye.
4. La liquidez del sistema de bancos privados del periodo actual y el cuatrimestre anterior tienen un impacto negativo con respecto al incremento del índice de morosidad.

5. La caída del margen de intermediación financiera aumenta la morosidad, esto puede hacer que los gestores cambien la orientación de su política crediticia buscando una mayor rentabilidad, lógicamente, de incurrir en un mayor riesgo.
6. El término autorregresivo del modelo tiene el mayor efecto en el incremento de la morosidad, esto hace referencia a los créditos de consumo otorgados doce meses atrás.
7. La metodología propuesta (ARIMAX) resultó mejor que la metodología clásica (ARIMA) para este estudio. Esto indica que el índice de morosidad no puede ser explicado solamente con su pasado. Además, gracias a que se añaden variables externas se puede evaluar escenarios de stress.

Con el propósito de facilitar el trabajo futuro y la calidad de las predicciones del modelo de stress test, es necesario realizar las siguientes recomendaciones:

1. Automatizar el modelo de stress test mediante el uso del software libre **R** u otros.
2. Considerar otros factores externos para mejorar la predicción del índice de morosidad como: nivel de desempleo o empleo, producto interno bruto (PIB), nivel de ingresos, que no fueron incluidos debido a la falta de información con frecuencia mensual.
3. Estimar el modelo obtenido para otras carteras de crédito.
4. Estudiar las posibles ventajas que implicaría la utilización de los modelos de stress test en las entidades de supervisión bancaria.
5. Se requiere de otras metodologías para estudiar la causalidad bidireccional, el efecto feedback de tasas y otras variables importantes pero se necesita mayor cantidad de información, una posibilidad sería un modelo de vectores autorregresivos (VAR).

# Bibliografía

- [Aguilar et al., 2004] Aguilar, G., Camargo, G., and Saravia, R. M. (2004). Análisis de la Morosidad en el Sistema Bancario Peruano. *Instituto de Estudios Peruanos*.
- [Andrews et al., 2013] Andrews, B., Dean, M., Swain, R., and Cole, C. (2013). Building ARIMA and ARIMAX Models for Predicting Long-Term Disability Benefit Application Rates in the Public/Private Sectors. *University of Southern Maine, Society of Actuaries*, 1.
- [Blanschke et al., 2001] Blanschke, W., Jones, M., Majnoni, G., and Martinez, S. (2001). Stress Testing of Financial Systems: An Overview of Issues, Methodologies, and FSAP Experiences. *International Monetary Fund*, 1.
- [Capa, 2007] Capa, H. (2007). *Modelación de Series Temporales*. Monografías de Matemática y Estadística, 1 edition.
- [Capa, 2008] Capa, H. (2008). *Un Primer Curso en Series Temporales*. Monografías de Matemática y Estadística, 1 edition.
- [Díaz, 2012] Díaz, O. (2012). Identificación de booms crediticios en América Latina. *Banco Central de Bolivia*, 1.
- [González, 2009] González, M. (2009). *Técnicas de Predicción Económica*, volume 1. Sarriko-On, Universidad del País Vasco.
- [Gujarati and Porter, 2010] Gujarati, D. and Porter, D. (2010). *Econometría*. McGRAW-HILL, 5 edition.
- [Hurtado, 2008] Hurtado, C. (2008). Series de Tiempo. *Facultad de Ciencias y Matemáticas, Universidad de Chile*, 1.

- [Jurado et al., 2010] Jurado, L., Hiraldo, M., and Sanz, O. (2010). Una aproximación a las técnicas cuantitativas en las pruebas de estrés a la banca. *Universidad de Pablo de Olavide, Departamento de Economía*, 1.
- [Méndez et al., 2001] Méndez, O. C., Víquez, R. D., and Salas, E. M. (2001). Sensibilidad de la Razón de Morosidad y Liquidez del Sistema Bancario Nacional ante cambios en el entorno: Un enfoque utilizando datos de panel. *Departamento de Investigaciones Económicas, Banco Central de Costa Rica*.
- [Novales, 1993] Novales, A. (1993). *Econometría*. McGRAW-HILL, 2 edition.
- [Pankratz, 1991] Pankratz, A. (1991). *Forecasting with Dynamic Regression Models*. John Wiley and Sons, Inc.
- [Shumway and Stoffer, 2011] Shumway, R. and Stoffer, D. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples*. Springer, 3 edition.
- [Sorge, 2001] Sorge, M. (2001). Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies. *International Monetary Fund*, 1.
- [Vallcorba and Delgado, 2007] Vallcorba, M. and Delgado, J. (2007). Determinantes de la Morosidad Bancaria en una Economía Dolarizada. El caso Uruguayo. *Eurosistema, Banco de España*.
- [Čihák, 2004] Čihák, M. (2004). Stress Testing: A Review of key Concepts. *Internal Research and Policy Notes of the Czech National Bank*.
- [Wooldridge, 2013] Wooldridge, J. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western, Cengage Learning, 5 edition.

# ANEXO A: Significado de variables explicativas

i	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
1	IDEAC	Índice de actividad económica coyuntural.
2	CREC_CRUDO	Crecimiento del precio del crudo con respecto al mes anterior (%).
3	CREC_EXP_NP	Crecimiento de las exportaciones de productos primarios no petroleros con respecto al mes anterior (%).
4	CREC_EXP_PROD_IND_NP	Crecimiento de las exportaciones de productos industrializados no petroleros con respecto al mes anterior (%).
5	CREC_IMP_CONSUMO	Crecimiento de las importaciones de bienes de consumo con respecto al mes anterior (%).
6	CREC_IMP_BIEN_CAP	Crecimiento de las importaciones de bienes de capital con respecto al mes anterior (%).
7	INFLACION_MENSUAL	Tasa de inflación mensual (%).
8	ICC	Índice de confianza al consumidor.
9	DESEMPLEO	Tasa de desempleo urbano mensual (%).
10	RESTRICCIÓN	Porcentaje que cubre el ingreso familiar a la canasta básica.
11	ROE	Rentabilidad del patrimonio del sistema de bancos privados (%).
12	IND_LIQ	Índice de liquidez (%).
13	CREC_CRED_CONSUMO	Crecimiento del volumen de crédito de consumo con respecto al mes anterior (%).
14	PARTIC_CONSUMO	Porcentaje de los créditos de consumo con respecto al total de la cartera crediticia (%).
15	M_INTER	Margen de intermediación (%).
16	CRISIS	1 si cae permanentemente el precio del petróleo, 0 caso contrario.



## ANEXO B: Estabilidad de los parámetros

Tabla 5.1: Estabilidad de los parámetros estimados del modelo 2

VARIABLE	Parámetro	Lím. Inf.	Lím. Sup.	2006-2009	2008-2012	2010-2016
CRISIS	0.1078	0.0520	0.1636	0.125	0.082	0.153
D(IDEAC)	-0.0016	-0.0029	-0.0002	-0.001	-0.002	-0.001
D(ICC)	-0.0239	-0.0467	-0.0010	0.057	-0.031	0.002
D(REST)	-0.0628	-0.1050	-0.0206	-0.047	-0.105	-0.104
D(IND_LIQ)	-0.0345	-0.0611	-0.0079	-0.048	-0.032	-0.031
D(IND_LIQ(-4))	-0.0429	-0.0702	-0.0155	-0.035	-0.050	-0.037
D(MARG_IND)	-0.1076	-0.1692	-0.0460	0.227	-0.112	-0.128
AR(12)	0.7094	0.5776	0.8412	0.584	0.739	0.821
MA(11)	-0.6012	-0.7363	-0.4661	-0.893	-0.880	-0.619
MA(1)	-0.3428	-0.4905	-0.1950	0.001	0.053	-0.300

Los números marcados con color rojo no se encuentran dentro del intervalo de confianza (95 %) de los parámetros del modelo 2.

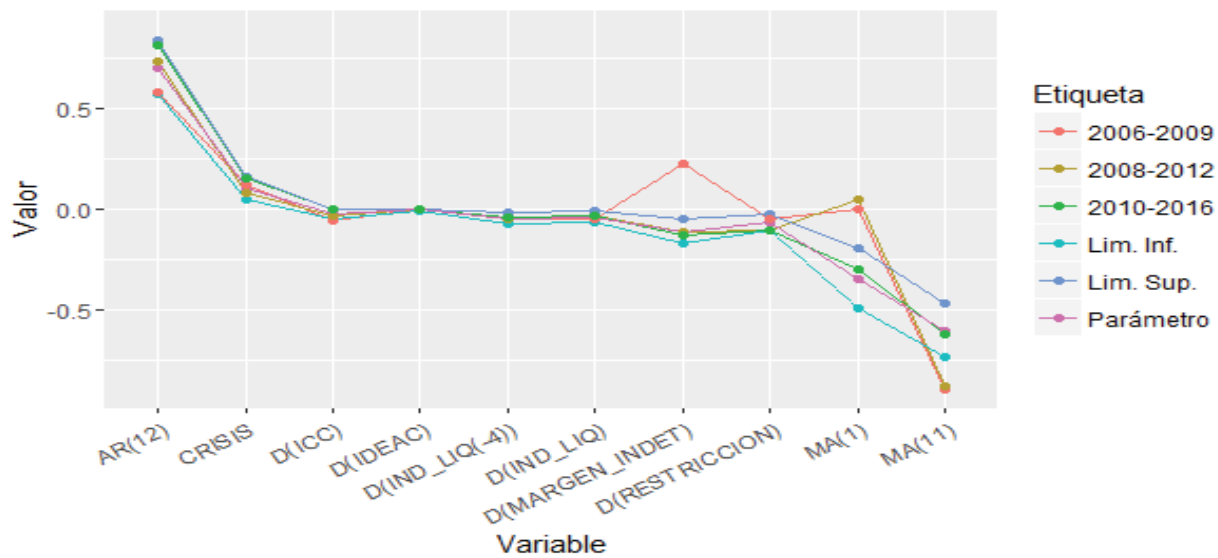


Figura 5.1: Estabilidad de los parámetros estimados del modelo 2.

# ANEXO C: Funciones de R

```
##### Librerías Requeridas #####
```

```
library(readxl) # leer archivos de excel  
library(ggplot2) # gráficos especializados  
library(tseries) # series temporales y finanzas  
library(forecast) # pronósticos  
library(lmtest) # análisis causal  
library(corrplot) # gráfico de correlación  
library(astsa) # gráficos de series temporales  
library(TSA) # análisis de series temporales  
library(MASS) # soporte de funciones y bases de datos
```

```
##### Funciones utilizadas #####
```

```
# Prueba de estacionariedad Dickey Fuller Augmented
```

```
adf.test(x, alternative = c("stationary", "explosive"),  
         k = trunc((length(x)-1)^(1/3)))
```

```
# Diferenciación de una serie
```

```
diff(x, ...)
```

```
# Correlogramas de FACP y ACP
```

```
acf2(series, max.lag = NULL, ...)  
  
# Causalidad de Granger  
  
grangertest(x, y, order = 1, na.action = na.omit, ...)  
  
# Regresión Lineal  
  
lm(formula, data, subset, weights, na.action,  
    method = "qr", model = TRUE, x = FALSE, y = FALSE, qr = TRUE,  
    singular.ok = TRUE, contrasts = NULL, offset, ...)  
  
# Regresión Lineal Automática  
  
stepAIC(object, scope, scale = 0,  
         direction = c("both", "backward", "forward"),  
         trace = 1, keep = NULL, steps = 1000, use.start = FALSE,  
         k = 2, ...)  
  
# Regresión Series de Tiempo  
  
dynlm(formula, data, subset, weights, na.action, method = "qr",  
       model = TRUE, x = FALSE, y = FALSE, qr = TRUE, singular.ok = TRUE,  
       contrasts = NULL, offset, start = NULL, end = NULL, ...)  
  
# Intervalos de confianza  
  
confint(object, parm, level = 0.95, ...)  
  
# Matriz de correlación  
  
corrplot()
```

```
# Valores y vectores propios

eigen(x, symmetric, only.values = FALSE, EISPACK = FALSE)

# Prueba de normalidad

jarque.bera.test(x)

# Prueba de homocedasticidad

bptest(formula, varformula = NULL, studentize = TRUE, data = list())

# Prueba de correlación de residuos

Box.test(x, lag = 1, type = c("Box-Pierce", "Ljung-Box"), fitdf = 0)
```

## ANEXO D: Código Eviews

# El código utilizado para la estimación del modelo es el siguiente:

Estimation Command:

=====

LS(DERIV=AA) D(MOROSIDAD) CRISIS D(IDEAC) D(ICC) D(RESTRICCIÓN) D(IND\_LIQ)

D(IND\_LIQ(-4)) D(MARGEN\_INDET) AR(12) MA(11) MA(1)

Estimation Equation:

=====

D(MOROSIDAD) = C(1)\*CRISIS + C(2)\*D(IDEAC) + C(3)\*D(ICC) + C(4)\*D(RESTRICCIÓN)

+ C(5)\*D(IND\_LIQ) + C(6)\*D(IND\_LIQ(-4)) + C(7)\*D(MARGEN\_INDET) +

[AR(12)=C(8),MA(11)=C(9),MA(1)=C(10),BACKCAST=2007M06,ESTSMPL="2007M06 2015M09"]

Substituted Coefficients:

=====

D(MOROSIDAD) = 0.10782189068\*CRISIS - 0.0015625627552\*D(IDEAC) -

0.0238517881984\*D(ICC) - 0.0627784195472\*D(RESTRICCIÓN) -

0.0345126620678\*D(IND\_LIQ) - 0.0428640376772\*D(IND\_LIQ(-4)) -

0.107586755924\*D(MARGEN\_INDET) +

[AR(12)=0.709411418333,MA(11)=-0.601218278563,

MA(1)=-0.342760867664,BACKCAST=2007M06,ESTSMPL="2007M06 2015M09"]