

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMIA**

**TEMA:**

**MODELO DE STRESS TESTING ENFOCADO EN  
MOROSIDAD PARA EL SEGMENTO COMERCIAL DE CREDITOS,  
ECUADOR 2003-2019**

**AUTOR:**

**ACHÓN VELÁSQUEZ CARLOS GERMÁN**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
ECONOMISTA**

**TUTOR:**

**ECON. DELGADO SALAZAR JORGE LUIS, MGS**

**Guayaquil, Ecuador**

18 de septiembre del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**CARRERA DE ECONOMIA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Achón Velásquez Carlos Germán**, como requerimiento para la obtención del título de **Economista**.

**TUTOR**

f. Jorge Luis Delgado S.

**Econ. Delgado Salazar Jorge Luis, Mgs**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Econ. Guillen Franco Erwin José, Mgs**

**Guayaquil, al 18 del mes de septiembre del año 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FAULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**CARRERA DE ECONOMIA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Achón Velásquez Carlos Germán**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: “**Modelo de Stress Testing Enfocado en Morosidad Para El Segmento Comercial de Créditos, Ecuador 2003-2019**”, previo a la obtención del título de **Economista**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 18 del mes de septiembre del año 2020**

**EL AUTOR**

f. 

**Achon Velásquez, Carlos German**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FAULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**CARRERA DE ECONOMIA**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Achón Velásquez Carlos Germán**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Modelo de Stress Testing Enfocado en Morosidad Para El Segmento Comercial de Créditos, Ecuador 2003-2019**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 18 del mes de septiembre del año 2020**

**EL AUTOR:**

f. Carlos Achon Velásquez  
**Achon Velásquez, Carlos German**

# REPORTE DE URKUND

BACK TO ANALYSIS OVERVIEW ↻ ↓ ? | PROFILE ∨

SUBMITTER: carlosachong97@gmail.com      FILE: Achón\_Delgado.pdf      SIMILARITY: 0%

FINDINGS      SOURCES      ENTIRE DOCUMENT

SHOW IN TEXT

Quotes       Brackets       Detailed text differences

X

RESUMEN (ABSTRACT)  
El estudio se enfoca en realizar un modelo de stress test mediante el uso de variables macroeconómicas para poder determinar la morosidad dentro del sistema financiero enfocado dentro del segmento de créditos comercial de Ecuador para los

*Jorge Luis Delgado S.*

f. \_\_\_\_\_  
**Econ. Delgado Salazar Jorge Luis, Mgs**

f. *Carlos Achón Velásquez*  
\_\_\_\_\_  
**Achon Velásquez, Carlos Germán**

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, le doy Gracias a Dios por estar siempre guiando mi camino, por darme a mi Familia, quienes son la base y empuje para estar en la posición en la que me encuentro, ser el ser humano que soy y con su apoyo lograr todas las metas que me he propuesto durante mi carrera.

A mis padres, Narcisa y Carlos Germán, por permitirme errar y comprender el cambio de carrera y estar siempre ahí en todo lo que necesito para salir adelante. A mi única hermana, Patricia quien junto a mi cuñado Luis han estado ahí durante los momentos más difíciles, pero también los más felices con mis sobrinos, Luis Carlos y Benjamín, a quienes agradezco infinitamente su alegría que me motiva a esforzarme para poder regresarles esa misma alegría.

Agradecer a mis abuelos, primeramente a mi abuelito Carlos, quien a pesar de no recordar que carrera estudio o cuando me graduó ha estado ahí durante todo el proceso de mi vida estudiantil desde niño y disfrutar mientras compartimos una comida contándole a lo que me dedico y mis planes futuros; de este grupo no puedo dejar atrás a los que ya no están físicamente conmigo pero querían verme culminar esta etapa de mi vida, a mis abuelitas, Lucila y Carolina que estuvieron durante la mayoría del proceso y sé que se sentirían muy felices y complacidas de verme exponer y sobre todo verme convertido en todo un profesional y a mi abuelito Teodoro, quien estaría orgulloso de verme graduar.

Gratitud para mis amigos, ellos, quienes me han acompañado durante esta travesía, a mi buen amigo Jhon que ha estado ahí cuando más lo necesitaba para alentarme, a todos "Los del Balcón" quienes me hicieron ver que la ingeniería civil no era lo mío y ayudarme a encontrar mi verdadera vocación y por estar cuando necesitaba ayuda, para todos ellos gracias, Sebastián, Juan Fernando, Gary, Runicio, Juan Ramón y a Valeria un agradecimiento especial por estar conmigo durante toda la carrera y darme su apoyo cuando más era necesario.

A mis profesores que a lo largo de mi carrera me han podido impartir sus conocimientos, y a mi Tutor, Jorge, quien siempre pudo manejar mis situaciones laborales para con las reuniones y hasta el último momento me ayudó.

A todos ellos gracias por ser parte de este gran paso en mi vida

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi Mamá, a Narcisa, por darme la vida y ser esa mujer que siempre ha luchado en silencio mis batallas y vitoreado mis logros, a mi papá Carlos Germán por sus sacrificios para que yo pueda estar en dónde estoy, a mis sobrinos, Luis Carlos y Benjamín para que se motiven a alcanzar sus metas y a mí abuelito Carlos por ser parte de mi vida junto con mi abuelita Lucila viendo que no me falte ninguna herramienta para lograr mis objetivos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ECON. ERWIN GUILLEN FRANCO, MGS**

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ECON. MARLON ESTUARDO PACHECO BRUQUE, MGS**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ECON. JUAN MIGUEL ESTEVES PALMA, MGS**

OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
CARRERA DE ECONOMIA**

**CALIFICACIÓN**

---

f. \_\_\_\_\_

**ECON. JORGE LUIS DELGADO SALAZAR, MGS**

**TUTOR**

# ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>2</b>
<b>Problemática</b> .....	<b>4</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>5</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>6</b>
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos .....	6
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>7</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>7</b>
Teorías de riesgo .....	7
<b>Marco referencial</b> .....	<b>15</b>
<b>Marco Legal</b> .....	<b>29</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>30</b>
<b>Metodología de la investigación</b> .....	<b>30</b>
<b>Diseño de la Investigación</b> .....	<b>30</b>
<b>Enfoque y Método</b> .....	<b>30</b>
<b>Alcance y limitaciones</b> .....	<b>31</b>
<b>Datos</b> .....	<b>31</b>
<b>Instrumento</b> .....	<b>31</b>
Variable de Estudio .....	33
Variables Macroeconómicas .....	33
<b>Modelo Econométrico</b> .....	<b>36</b>
Escenarios.....	37
<b>Método</b> .....	<b>38</b>
<b>Análisis de datos</b> .....	<b>39</b>
<b>Estadísticas Descriptivas</b> .....	<b>39</b>

Missing Value.....	42
Datos Atípicos .....	43
Estacionalidad.....	44
Selección de Lags .....	46
Test de Co-integración de Johansen .....	47
Modelo VECM.....	49
Pruebas del modelo .....	56
Pruebas de auto correlación .....	57
Pruebas de heterocedasticidad o efectos GARCH .....	57
Pruebas de Normalidad de Residuos.....	58
Impulso Respuesta.....	60
Descomposición de la varianza.....	66
Pronósticos .....	68
Construcción de Escenarios.....	70
<i>CAPITULO IV</i> .....	78
Discusión .....	78
Conclusiones y Recomendaciones .....	78
<i>REFERENCIAS</i> .....	82
<i>ANEXOS</i> .....	89
ANEXO A.....	89
ANEXO B – CODIGO DE MODELACION Y SIMULACION.....	91
ANEXO C – MATRIZ DE COEFICIENTE DE VARIABLES	
ENDOGENAS CON LAGS / VEC2VAR .....	98

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalidad de Variables</i> .....	37
Tabla 2 <i>Estadísticas Descriptivas 1</i> .....	39
Tabla 3 <i>Estadísticas Descriptivas 2</i> .....	41
Tabla 4 <i>Test de Grubbs NPL</i> .....	43
Tabla 5 <i>Test de Grubbs Importaciones</i> .....	44
Tabla 6 <i>Modelo X12-ARIMA Desempleo</i> .....	44
Tabla 7 <i>Modelo X12-ARIMA Gasto Publico</i> .....	45
Tabla 8 <i>Modelo X12-ARIMA NPL</i> .....	46
Tabla 9 <i>Selección de criterios para Lags</i> .....	47
Tabla 10 <i>Test de Co-integración Johansen, Tipo "eigen"</i> .....	47
Tabla 11 <i>Selección de variables co-integradas, tipo "eigen"</i> .....	48
Tabla 12 <i>Test de Co-integración Johansen, Tipo "trace"</i> .....	48
Tabla 13 <i>Selección de variables co-integradas, tipo "trace"</i> .....	49
Tabla 14 <i>Ecuación de corrección de error VECM</i> .....	52
Tabla 15 <i>Modelos Dinámicos VECM</i> .....	54
Tabla 16 <i>Matriz de Coeficientes VEC2VAR</i> .....	56
Tabla 17 <i>Test Portmanteau</i> .....	57
Tabla 18 <i>Test ARCH</i> .....	58
Tabla 19 <i>Jarque-Bera Test</i> .....	59
Tabla 20 <i>Skewness Test</i> .....	59
Tabla 21 <i>Kurtosis Test</i> .....	59
Tabla 22 <i>Descomposición de la Varianza 1</i> .....	66
Tabla 23 <i>Descomposición de la Varianza 2</i> .....	67
Tabla 24 <i>Forecast Modelo Base</i> .....	69
Tabla 25 <i>Escenarios</i> .....	71
Tabla 26 <i>Predicciones Optimistas</i> .....	73
Tabla 27 <i>Predicciones Pesimistas</i> .....	75
Tabla 28 <i>Comparativo de Escenarios</i> .....	76

## Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> Clasificaciones de Riesgo .....	7
<i>Figura 2</i> Representacion de Perdida Esperada .....	10
<i>Figura 3</i> Proceso de Creacion de modelo de Stress Test.....	13
<i>Figura 4</i> Desempleo Shock a NPL .....	61
<i>Figura 5</i> Tasa de Interés shock a NPL.....	62
<i>Figura 6</i> Ratio Gasto Publico shock a NPL.....	63
<i>Figura 7</i> PIB shock a NPL.....	64
<i>Figura 8</i> Exportaciones shock a NPL .....	65
<i>Figura 9</i> Importaciones shock a NPL .....	65
<i>Figura 10</i> Dummy Petróleo shock a NPL .....	66
<i>Figura 11</i> Proyección Base.....	69
<i>Figura 12</i> Escenario Optimista .....	72
<i>Figura 13</i> Escenario Pesimista .....	74

## RESUMEN

*El estudio se enfoca en realizar un modelo de riesgo crediticio stress test mediante el uso de variables macroeconómicas para poder determinar la morosidad dentro del sistema financiero enfocado dentro del segmento de créditos comercial de Ecuador para los periodos 2006-2019. Con el cual poder generar escenarios y estresarlos de acuerdo con las variables macroeconómicas y ver su impacto dentro del proyecciones. Se estima un modelo por medio de Vector de Corrector de Errores (VECM) y simulaciones proyectadas por medio de simulación Monte Carlo. Como resultado se puede observar que las variables que presentan significancia dentro de cointegraciones a largo plazo dentro del modelo se especifican PIB, Desempleo, Tasa de Interés muestran significancia tanto en largo como causalidades de corto plazo. La metodología propuesta puede ser utilizada para diferentes segmentos de créditos y adaptada en diferentes ámbitos financieros para futuros estudios con respecto a mitigación de riesgo crediticio en Ecuador.*

## **ABSTRACT**

*This research focuses on the modeling of a stress test model for credit risk while using macroeconomic variables to determine NPL ratio within the financial system for commercial credits in Ecuador from 2006-2019. Moreover, having a model with the capability to create scenario analysis for a stress test using macroeconomic simulations of the variables, therefore you can understand the impact in forecast NPL ratios with a stress scenario. The model used in this study is a Vector Error Correction Model (VECM) while Monte Carlo Simulations simulate the forecast. As a result, only a few macroeconomic variables are significant in the model, like GDP, Unemployment and Interest Rate show significant levels for long term cointegration results and short-term causality. The methodology used in the study can be adapted into different credit segments and in different financial environments and can be useful for futures research for credit risk analysis in Ecuador.*

***Palabras Claves: Stress Test, VECM, Finanzas, Riesgo de Crédito, Metodología, Sistema Financiero***

## INTRODUCCION

La morosidad dentro del sistema financiero es un problema de todas las economías del mundo, debido a la importancia del sector financiero dentro de la participación para tanto la reactivación económica como el crecimiento económico. Pero, uno de los problemas que p que pueden enfrentar las diferentes entidades financieras es el pobre manejo de riesgo en relación tanto como por parte crediticia como de mercado.

Dentro de la investigación se busca poder subsanar el problema del pobre manejo de riesgo crediticio que puede llegar a enfrentar todo el sistema financiero en su totalidad para aquellas entidades que contienen cartera de crédito dentro del segmento comercial de créditos dentro de Ecuador. Una de las maneras como medir el riesgo crediticio es por medio de lo denominado “*value at risk*” (VaR) método estadístico por el cual se puede cuantificar el valor que una institución puede perder dentro de un periodo de tiempo (Gencay y Selcuk, 2004). Siendo esta uno de los mejores indicadores por la cual se puede cuantificar el estado de la cartera de créditos que se posee dentro de la institución como dentro del sistema financiero en su totalidad.

El VaR puede ser medido de diversas maneras, tanto independiente sea esta por institución, así como a nivel de todo el sistema financiero. Ambas maneras apuntan hacia resultados similares debido a que poseen el mismo objetivo cuantificar el nivel de riesgo que se pueda encontrar en un periodo de tiempo específico. Conocer sobre el nivel de riesgo que el banco puede afrontar y si es capaz de soportarlo. Una de las variables más utilizadas para poder medir el riesgo crediticio se presenta dentro de ratio de morosidad o NPL para las diferentes carteras de crédito, otra de las formas puede verse dada por cálculo de probabilidades de incumplimiento o PD dentro de las carteras de riesgo por institución.

Una de las maneras de poder establecer un VaR dinámico se presenta mediante el uso de análisis de escenarios o pruebas de stress. Las cuales se establecen por estresar escenarios que puedan afectar por medio de modelos estadísticos, modelos de balances directamente afectando la rentabilidad del banco entre otras formas. Dentro de esta investigación el propósito es poder establecer un modelo que permita modelar la morosidad en función de variables macroeconómicas las cuales puedan determinar

y explicar la morosidad dentro del sistema financiero para luego establecer proyecciones de esta. Con el propósito de poder mediante análisis de escenarios, estresar las variables macroeconómicas y observar el impacto dentro de la morosidad según cambian las variables dentro de un ámbito optimista o pesimista económicamente. Y con el propósito final de establecer un VaR para el segmento de créditos comerciales del sistema financiero ecuatoriano.

Dentro de la primera parte se especifica la problemática y justificación de la investigación, continuando se presenta marco teórico donde se especifican las principales teorías tanto económicas como financiero sobre modelos de stress, riesgo crediticio y comportamiento financiero y económico. Dentro del marco referencial se puede encontrar estudios realizados en enfoques de cálculo de VaR mediante el uso de modelación de Stress Test, así como también estudios relacionados hacia la modelación de diferentes metodologías para modelos de *stress testing*. Se procede después de la revisión literaria a la descripción metodológica de cómo se llevará a cabo la investigación junto al análisis de datos de esta. Terminando con una discusión entre los descubrimientos encontrados dentro de la investigación con respecto a investigaciones previas junto con recomendaciones y conclusiones.

## Problemática

Los modelos de *stress tests* son tanto necesarios y de gran importancia en relación con el manejo del riesgo de crédito para los diversos bancos. Después de la crisis financiera del 2008, la importancia de la evaluación de cartera de créditos y el manejo de modelos de escenarios basados en modelos de *stress testing* se ha vuelto una necesidad para el manejo de riesgo y técnica de pronósticos antes posibles cambios que pueden afectar el sistema financiero y en recomendación a Basilea II (Lu y Yang, 2012; Sorge y Virolainen, 2006).

En la actualidad los modelos de stress test son obligatorios para mantener una buena estructura de manejo de riesgo crediticio dentro del sistema financiero para las entidades bancarias y financieras, tanto para conocer el estado de la cartera como para determinar riesgos en un tiempo determinado tanto de liquidez o problemas de solvencia (Simons y Ferdinand, 2009; Sorge y Virolainen, 2006). Sin el uso de estos instrumentos la toma de decisiones al manejo de la cartera de créditos y al manejo de riesgo aumentaría debido a la incertidumbre y poca información del estado del mercado y la industria, la creación de problemas que puedan asimilarse a problemas históricos ayuda a crear planes de acción para una fuerte estructura financiera y económica de un país (Foglia, 2009)

La morosidad en el sector financiero es un problema persistente dentro de todas las economías debido a la dificultad de modelación que se tiene para esta (Cheng, Lee, Tran, y Chen, 2016). La manera de modelación con el uso de variables macroeconómicas es la forma más común para poder identificar factores que puedan afectar las variaciones que esta pueda tener, a pesar de que estos varían de acuerdo a el ámbito económico de cada país (Ahmad, 2002; Tanasković y Jandrić, 2015). Debido a la importancia del sistema financiero dentro de la economía nacional y mundial, el desarrollo y manejo de riesgo ha sido un elemento importante dentro del ámbito microeconómico y macroeconómico para cada país (Wezel, Canta, y Luy, 2014; Fell, Grodzicki, Krusec, Martin, y O'Brien, 2017).

Dentro del sistema ecuatoriano según datos de Superintendencia de Bancos (2019) el manejo de la morosidad se ha visto en un aumento con respecto a años anteriores, debido a los diversos problemas que le país ha enfrentado en los últimos años y por eso el riesgo crediticio y de mercado se han visto en aumento con un

pronóstico elevado para los siguientes años. Es por ende que el manejo de riesgo crediticio se ha visto con mayor importancia para mantener la estabilidad financiera dentro de varios sectores importantes para el desarrollo económico de un país.

## **Justificación**

La presente investigación se concentra en la búsqueda de las variables que determinan el nivel de morosidad en el sistema financiero ecuatoriano, con el objetivo de diseñar una metodología de stress test enfocada en el segmento de créditos comercial. El diseño metodológico provee ayuda en la toma de decisiones y pronósticos de escenarios enfocados hacia el manejo del riesgo de crédito en el sistema financiero del Ecuador.

El segmento de créditos comercial representa el 68% de préstamos otorgados por las entidades financieras que componen el sistema financiero de Ecuador (Superintendencia de Bancos, 2019). Debido a esto, es la mayoría de los créditos otorgados para el segmento comercial representan una mayor exposición de cartera, con los recientes problemas dentro de la economía ecuatoriana se ha visto un incremento en la necesidad de un sistema financiero extremadamente fuerte para poder mantener la economía a flote.

En relación al ámbito académico, la investigación ayuda a fomentar el diseño y uso de modelos de stress test para establecer medidas de precauciones o planes de acción tempranos hacia posibles catástrofes financieras que puedan venir a futuro. Adicionalmente, el diseño y uso de modelos de stress test es regulatorio para los bancos ecuatorianos, así como internacionales según directrices dadas por Basel Committee on Banking Supervision (2006), al establecer una metodología la cual tenga relación con el ámbito macroeconómico de cada país.

Con respecto a investigaciones realizadas sobre modelos de estrés enfocados en la morosidad de créditos, se ha observado que no existen muchos estudios orientados a determinantes de un segmento de crédito específico. Se han visto modelos macroeconómicos enfocados en establecer relaciones entre la morosidad y sus determinantes dentro del sector financiero, banco específico o por tipo de cartera (Louzis, Vouldis, y Metaxas, 2011; Düllmann y Masscheilein, 2007).

A pesar de esto, se tiene cierto interés en diferentes modelos que puedan simular diferentes shocks en el sistema financiero para poder generar una mejor toma

de decisiones en el ámbito financiero de créditos. Muchos la presentan como un efecto de bola de nieve, no solamente estimula la mitigación de riesgo crediticio dentro de una entidad si no también sirve de ayuda para diferentes metodologías enfocadas hacia los bancos para la reducción de riesgo por medio de límites de crédito, optimización de portafolios, entre otras (Sharma, 2012).

Dentro de investigaciones con respecto al sistema financiero del Ecuador se han presentado modelos enfocados hacia las determinantes de la morosidad dentro del sistema financiero ecuatoriano tales como se observa en las investigaciones de parte de Diaz (2018) y Ocana (2017) quienes han realizado diseños de metodologías enfocadas en el segmento de créditos de consumo y productivo del sistema financiero.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar la morosidad en el segmento comercial de créditos de Ecuador ante cambios en variables macroeconómicas durante el periodo 2003-2019 mediante un modelo de stress test.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las principales teorías económicas relacionadas a la morosidad en el sistema financiero
- Determinar las evidencias empíricas relacionadas a la morosidad en el sistema financiero
- Identificar variables macroeconómicas que influyan en variaciones dentro de la morosidad del sistema financiero
- Establecer un modelo econométrico para estimar la relación entre las variables macroeconómicas especificadas y la morosidad del sistema financiero dentro del segmento comercial de créditos.
- Diseñar propuesta de política pública para la mitigación y morosidad en el segmento comercial de créditos.

# CAPITULO I

## Marco Teórico

### Teorías de riesgo

#### *Tipos de Riesgo*

En lo que corresponde a la administración de riesgo financiero esta se puede dividir en diferentes áreas las cuales se concentran en la administración específica para una institución financiera y las incertidumbres que provienen para esta. En lo que es administración de riesgo financiero esta se enfoca en la cobertura o manejo de eventos que puedan suceder en algún tiempo dentro de las instituciones financieras (Stulz, 1996).

Entre las clasificaciones más comunes de riesgo se presentan de la siguiente forma:

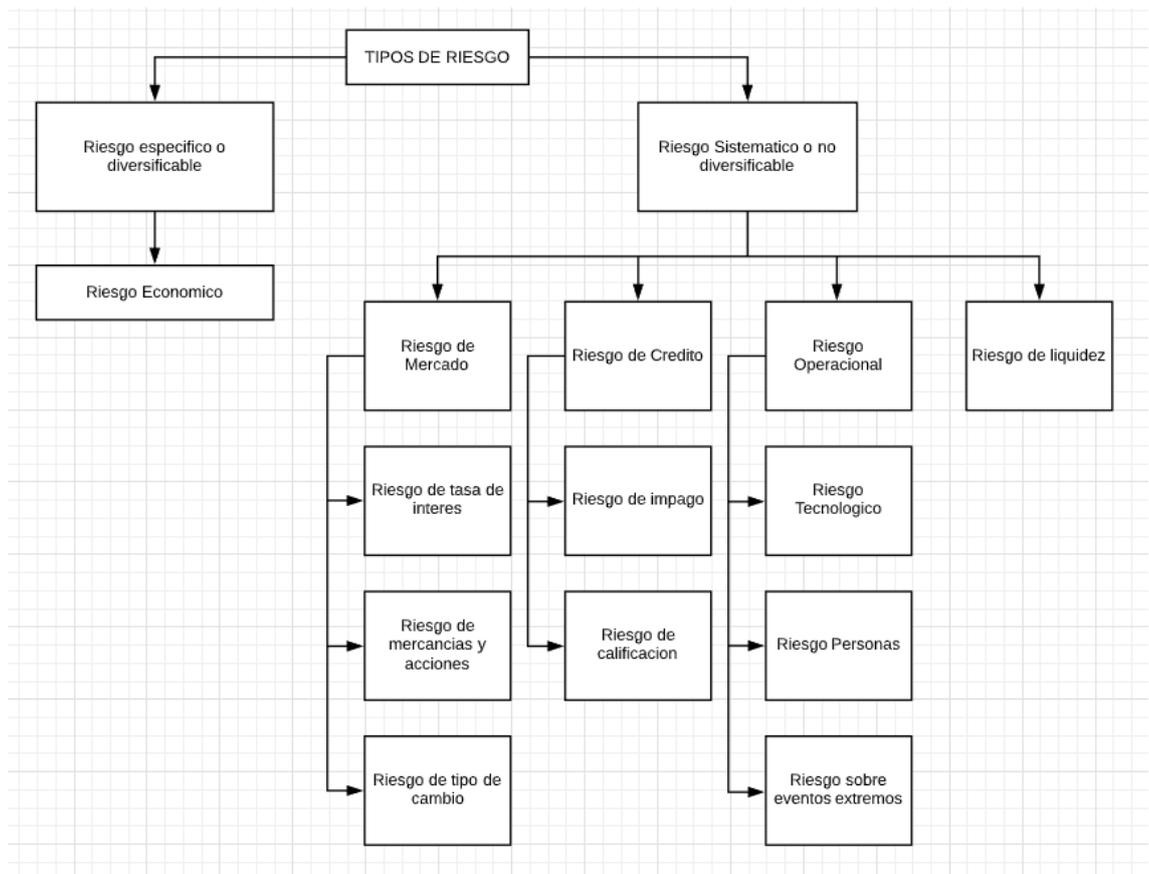


Figura 1 Clasificaciones de Riesgo

Tomada de (Hassan, 2009)

### **Riesgo Especifico o Diversificadle**

El riesgo específico o diversificarle hace referencia a la parte del riesgo que puede ser eliminado mediante una diversificación dentro de la cartera, su generación o su proveniencia se puede dar por medio de conflictos sociales u otros eventos que no son contados (Hassan, 2009).

### **Riesgo Económico**

En lo que tiene que ver con riesgo económico se relaciona a la posible pérdida por medio del rendimiento de valores invertidos y el cambio en el ámbito económico de un país por lo que su rentabilidad puede disminuir, se tiene mayor relación en cuanto a riesgos que provienen de factores externos económicos que son manejables mediante diversificación (Stulz, 1996; Hassan, 2009).

### **Riesgo Sistemático o No diversificable**

Hassan (2009) describe al riesgo sistemático como parte del riesgo que no puede ser eliminado mediante diversificación, este puede ser causado por inflaciones, pandemias, guerras, tasas de interés altas, recesiones económicas entre otros. Depende de los movimientos del mercado y las tendencias a futuro de este (Bandyopadhyay, 2010).

### **Riesgo de mercado**

El riesgo de mercado se puede definir como la perdida que se puede presentar dentro de un portafolio de inversiones, activos, opciones entre otros y se origina de parte de los movimientos en los factores de riesgo que afectan al precio final del activo (Caouette, Altman, y Narayanan, 1998). Para su monitorio se toma bastante relación a lo que se conoce como Value At Risk y el desarrollo de metodologías específicas para la determinación de los factores que puedan generar cambios en precios y tener impacto en lo que equivale a rendimiento de portafolios (Alonso y Semaan, 2009).

### **Riesgo de Tasa de Interés**

Se genera por medio de la variación de las tasas de interés, según esto se presentan volatilidades por lo que crea sensibilidad dentro del precio en el mercado ante un valor de tasas de interés del mercado (Hassan, 2009).

### **Riesgo de Mercancías y Acciones**

Se refleja en la variación de precios de los activos financieros, según la afectados directamente por medio de la inflación en la economía por lo cual se genera una incertidumbre para obtener un valor final para los activos financieros (Acerbi y Scandolo, 2008; Hassan, 2009)

### **Riesgo Operacional**

Este tipo de riesgo se genera al momento de incertidumbres que se pueda realizar dentro de las propias intuiciones generando una perdida financiera dentro de las ocurrencias pueden incluir problemas en proceso internos, tecnologías de informacion, por las personas, por ocurrencia de eventos externos adicionalmente se pueden agregar al riesgo legal (Acerbi y Scandolo, 2008).

### **Riesgo de Crédito**

El riesgo de crédito tiene diversos conceptos uno de estos es conocido por muchos como las probabilidades que una persona pueda no cumplir sus obligaciones de pago cambiando sus probabilidades de default (Gordy, 2000; Crouhy, Galai, y Mark, 2000). Otra definición que es posible darle al riesgo crediticio viene en forma de “la esperanza de las sumas de dinero dentro de algún tiempo limitado, entonces el riesgo es la posibilidad que esa expectativa no se cumpla”. (Caouette, Altman, y Narayanan, 1998). Esta expectativa es lo que permite que exista el riesgo crediticio, para ambas definiciones la incertidumbre y el comportamiento son determinantes importantes para la asociación de la perdida esperada que se pueda presentar.

Se puede escoger la definición en base a la relación entre prestamista y deudor debido a todos los factores que se interrelacionan entre ellos es por eso por lo que se denominar al riesgo de crédito como las probabilidades que una persona pueda incurrir en default y genere perdidas gracias a los cambios que puedan afectarlo (Friedwald, Wagner, y Zechner, 2014).

### **Value at Risk**

*Value at risk* es creado como respuesta hacia desastres financieros en la época de 1990, creado para mitigar y manejar el riesgo en diferentes mercados, se concentra en la peor perdida que puede ser causada en un tiempo determinado sirve como complemento de la perdida esperada al momento de mitigaciones de riesgo crediticio

porque en conjunto demuestran los posibles riesgos que cada institución bancaria puede afrontar sirve como medida de cuantificación de riesgo crediticio (Brodin y Klüppelberg, 2014; Gencay y Selcuk, 2004).

El cálculo de *value at risk* se ha vuelto norma en diversas instituciones financieras y es usado como indicador de buen estado del estado del capital de los bancos dado a que la mayoría de los modelos realizados para su cálculo son basados en modelos estructurales lo cual permite predicciones y por ende un mejor manejo de riesgo crediticio (Brooks, Clare, Dalle, y Persaud, 2005). Dado a las condiciones que se presentan para cálculo del *value at risk* se lo puede definir en forma matemática para el siguiente periodo como:

$$P(Z_{t+1} < VaR_{t+1|t}) = a$$

$$VaR_{t+1|t} = F(a) * \sigma t + 1|t$$

Donde  $Z_{t+1}$  representa el rendimiento futuro del valor del portafolio para el siguiente periodo y  $a$  es uno menos el nivel de confianza del VaR. De tal manera que según la función y los supuestos se encuentra la distribución de las posibles pérdidas del portafolio de créditos (Alonso y Semaan, 2009).

### Perdida Esperada

El objetivo principal del riesgo de crédito es el manejo óptimo de los posibles determinantes que puedan afectar la cartera de inversiones, además de poder medir la pérdida esperada por riesgo de crédito la cual es la media en valor de la distribución de pérdidas en un horizonte de tiempo específico (Cespedes, 2005).

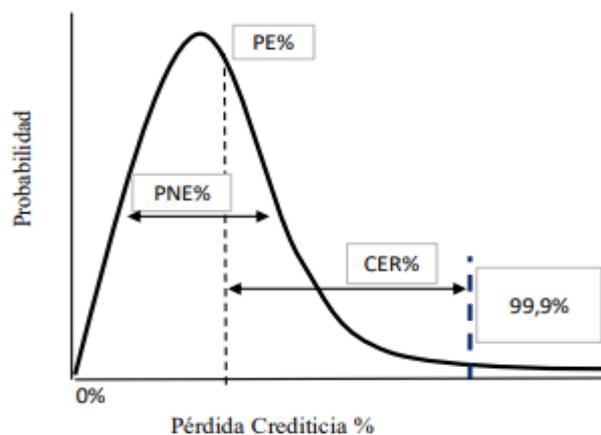


Figura 2 Representación de Perdida Esperada

Tomada de (Cespedes, 2005)

Para el cálculo de la pérdida esperada se presentan el siguiente modelo:

$$PE = PD * EAD * LGD$$

Donde:

PD = Equivale a las probabilidades de default de la cartera

EAD= Exposición de default

LGD= Pérdida dada por defaults

Esta pérdida es aditiva, por ende, en un portafolio de préstamos es la suma de todas las pérdidas esperadas por los préstamos que esta contiene (Frye, 2000).

### **Riesgo de liquidez**

Riesgo de liquidez es denominado por Acerbi y Scandolo (2008) como la sombra que proviene después de cualquier crisis en el mercado, además de ser catalizador que puede destruir otros mercados y riesgos crediticios y transforma eventos individuales en pérdidas constantes en todos los mercados.

### **Riesgo de concentración**

De acuerdo con (Basel Committee on Banking Supervision, 2006) “el riesgo de concentración es una de las razones más importantes por las cuales los bancos pueden presentar problemas”. Siendo definido de esta manera, muchos autores explican el riesgo de concentración como una de las razones por las cuales han ocurrido crisis financieras en diferentes bancos alrededor del mundo (Bandyopadhyay, 2010).

Mientras mayor exposición de la cartera mayores problemas se pueden contraer dentro del manejo del riesgo crediticio, se supone que los bancos se especializan en industrias o sectores específicos para la prestación de créditos lo que significa que pueden monitorear de mejores maneras el portafolio tengo

### ***Teorías de comportamiento de consumidor***

#### **Teoría de comportamiento financiero**

Ozmete y Hira (2011) definen al comportamiento financiero como el comportamiento humano relacionado hacia el manejo monetario, los comportamientos que se pueden observar en el manejo de dinero vienen dados ya sean por el manejo de efectivo, manejo de crédito y el ahorro. Para lo relacionado a conductas o

comportamientos se pueden ver categorizados por la teoría de comportamiento de Ajzen, (1991) de la cual surgen diversas otras teorías de comportamiento en otros mercados o ámbitos sociales.

### **Extreme Value Theory**

Se conoce como *extreme value theory* a la modelación y medición de eventos que pueden ocurrir con una probabilidad muy pequeña (Embrechts, Kluppelberg, y Mikosch, 1997). *Extreme value theory* se puede enfocar en diferentes teoremas o distribuciones tales como: Distribución de máximos el cual es basado en los teoremas de Fisher y Tippett (1928) y Gnedenko (1943) y Distribución de excedentes la cual presenta un enfoque llamada *peak over threshold* como una distribución de excedentes sobre cierta barrera o limite (Gilli y Kellezi, 2006).

Para la medición de lo que corresponde hacia *Extreme Value Theory* (EVT) se puede dar por una distribución F dada esta es enfocada en la modelar las colas de la función F sin la necesidad de realizar supuestos de distribuciones con respecto al centro de la distribución (Rocco, 2014). Se puede llegar a esta respuesta por medio de diferentes métodos tanto paramétricos y no paramétricos, de igual manera esta puede ser modelada por medio de modelos multivariados.

*Extreme value theory* es usado en diferentes áreas científicas, de ingeniería y seguros para las mediciones de cambios en eventos inesperados, pero es muy poco usada para modelaciones de predicciones de morosidad (Brodin y Kluppelberg, 2014). En el área financiera se presentan teorías que entran dentro de la evaluación de riesgo uniéndolo con conceptos como el VaR y Perdida Esperada.

### **Modelos de Stress Test**

Para la creación de modelos de pruebas de estrés macroeconómicos clásicos se pueden dividir en diferentes procesos, empezando por la creación de un modelo macroeconómico para después poder crear vínculos entre variables que puedan afectar directamente al sistema financiero dentro de la ganancia de capital al final de un periodo (Foglia, 2009).

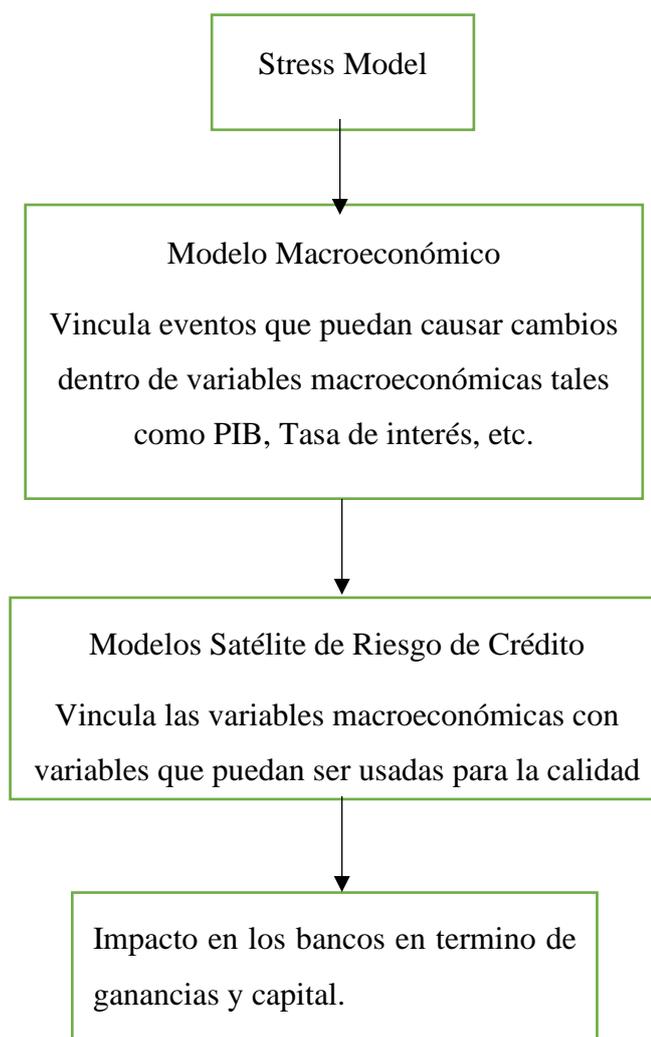


Figura 3 Proceso de Creación de modelo de Stress Test

Existen otro de diseño de modelos de stress test con variables macroeconómicas enfocadas en lo que corresponde a predicción de parámetros como probabilidad de default y la pérdida dada por créditos en default o pérdida esperada. Al igual que los modelos clásicos se basan en un mismo diseño la única diferencia que poseen es que el resultado final es obtener el impacto a través de escenarios bajo estrés el Value at Risk de una institución financiera (Kanno, 2015).

Los modelos de estrés se pueden adicionalmente definir como “top-down” y “botton-up”, cada uno tiene una forma diferente de atacar el mismo problema de evaluación de crédito. El enfoque denominado “top-down” es basado en la supervisión bajo una autoridad la cual evalúa el impacto en el sistema financiero mediante el uso de modelos macroeconómicos y modelos financieros, mientras que “botton-up” se

establecen escenarios de estrés bajo la supervisión de una autoridad utilizando estimación de las diferentes variables que puedan afectar al sistema financiero y evaluar sus posiciones y exposiciones de cartera (Huang, 2009). El enfoque “top-down” es usado por autoridades con poder de supervisión mientras que “botton-up” es más usado para el stress test interno de una institución (Grundke, 2011).

### **Modelaciones de stress test y escenarios**

Es de manera práctica que se diferencien los diferentes tipos de escenarios estresados con respecto hacia los modelos de stress, a pesar de que su finalidad sea para el cálculo del total de pérdidas que el banco pueda afrontar. Entre estos parámetros se encuentran modelos enfocados en el análisis de estrés para las probabilidades de default (PD), correlación de activos, perdida por default (LGD) o exposición en riesgo (EAD) cada una con sus siglas en inglés (Rösch y Scheule, 2007).

Estrés de PD: Las PD estresadas se pueden realizar por medio de modelos de que poseen un solo factor no lineal.

Estrés de EAD y LGD: Se crean en modelos basados en condiciones de caídas económicas. Los escenarios que se crean se basan en historia económica de los datos analizados

Estrés de los activos correlacionados: Las correlaciones de los activos se pueden interpretar de manera que se mide la sensibilidad de las PD en un ciclo del negocio. Por lo tanto, mientras se realiza un escenario estresado en las PD se encontrarán los mayores impactos dentro del capital. Este es el escenario en el que se basa Basile II.

### **Tipos de modelos**

Generalmente para la modelación de pruebas de tensión se pueden basar en 2 diferentes tipos sean estos Reduced-form/Parsimonious Framework o Modelos Estructurales.

### **Modelos Estructurales**

Los modelos estructurales son modelos multivariados para el uso de análisis estadístico, esta técnica es usada para analizar relaciones estructuradas (Simpson y Simpson, 2014). Las técnicas son utilizadas en combinación con análisis de factores y

regresión múltiple para encontrar la relación entre variables y sus constructos latentes (Steiger, 1990).

El uso de estos modelos dentro del área de Riesgo de Crédito impone diferentes ventajas para la creación de escenarios de estrés debido a las predicciones que estos pueden otorgar al momento de evaluar los resultados (Kanno, 2015).

### **Modelos Reduced-form**

Para este enfoque el valor de los activos de cada institución y su capital no son modelados, y los eventos son especificados en términos de variables exógenas específicos para el riesgo crediticio (Bielecki y Rutkowski, 2020). A pesar de ser de la misma familia, existen diferencias dentro de los propios modelos dado a sus diferentes puntos de vista para atacar el mismo tema sean estos definidos como modelos *intensity-based* los cuales buscan modelación de los puntos de default en un tiempo al azar y modelos denominados *credit migration* que busca las relaciones entre migraciones de crédito y el cambio en rating crediticio (Arira, Bohn, y Zhu, 2005).

## **Marco referencial**

Estudios para la relación entre los diferentes métodos y maneras de las cuales se pueden afrontar las modelaciones para modelos de stress test tanto por modelaciones por medio del uso de modelos Logit, VAR (vectores auto regresivos), funciones de transición o modelo generalizado en este punto se comparará los diferentes estudios realizados en la materia de stress testing enfocado en riesgo crediticio. Dentro del siguiente marco referencial se hablará de los trabajos más relevantes revisados con un enfoque hacia el tipo de metodología utilizada junto con ventajas y desventajas de esta metodología.

Como se ha mencionado anteriormente, los diferentes modelos que pueden ser aplicados para la recreación de modelos de stress testing. Lu y Yang (2012) presentan un modelo aplicado al sector de prestamos comerciales en el sistema financiero chino tomando en cuenta la cancelacion de prestamos que caen en default para el Agricultural Bank of China el cual es uno de los bancos mas fuertes en el mundo. El objetivo del estudio es encontrar los determinantes y crear un modelo de stress test para el sistema financiero chino de prestamos comercial basados en un modelo macroeconomicos de tal manera que se pueda crear un modelo que pueda evaluar la estabilidad de los bancos

que componen la mayor parte de prestamos en el sistema crediticio comercial y obtener la estabilizacion del sistema financiero chino.

En cuanto a la metodolgia usada dentro del paper Lu y Yang (2012) estos se enfocan en una combinacion de modelos ya anteriormente usados y conocidos dentro de la mayoria de frameworks para modelos de stress testing creando en si un nuevo modelo conceptual que puede ser aplicado para los bancos comerciales Chinos. La metodologia se enfoca en 2 partes, un modelo empirico enfocado en el riesgo crediticio de los bancos comerciales asi tambien como al sistema financiero macroeconomico. Como segunda parte se establecen los escenarios para shocks futuros dentro del modelo empirico anteriormente realizado.

El modelo cuenta como variable dependiente una relacion lineal entre la tasa de NPL y factores macroeconomicos. Como dependiente se utiliza en terminos de modelo logit entre la relacion de NPL. Las variables independientes que explican la morosidad según los autores son GGDP (Crecimiento real de PIB), CPI (indices precios al consumidor), PI (Indice de precios de vivienda), GM2 (crecimiento monetario nominal) y D (dummy) la variable dummy explica en terminos de volatilidad nacional la evolucion de los NPL con el tiempo y en donde existen puntos de inflexion dentro de la nacion. Como metodo de modelacion se utilizan VaR (vectores autoregresivos) debido a los beneficios que este posee dentro de la interaccion de los factores y el feedback que existe dentro de los bancos comerciales y la macroeconomia. Los datos usados se basan en datos historicos trimestrales desde 2004 – 2010. En conclusiones, se presentan con un modelo robusto y con potencial de poder pronosticar NPL rates bajo las condiciones de eliminaciones o cancelaciones de creditos que puedan incurrir en morosidad alta eliminando cartera de activos improductivos dentro del sector financiero, al incluir las variables para la eliminacion de NPL permite crear shocks macroeconomicos con mayor impacto para evaluaciones de estrés en especial para la modelacion bajo escenarios como la burbuja del 2008 que crea un shock masivo dentro de la economia china.

El trabajo de parte de Schechtman y Gaglianone (2012) presenta una investigacion enfocada en la modelacion por medio de un modelo enfocado a todo el sistema financiero brasilero con un enfoque hacia las colas de las diferentes distribuciones de riesgo crediticio con condicionales de escenarios macroeconomicos pesimos. Se presenta como objetivo la mezcla de 2 modelos tanto el modelo clasico

de Wilson (1997) y el uso de un modelo de regresión por cuantiles de Koenker y Xiao (2006) para establecer un vínculo entre las variables macroeconómicas y las distribuciones de riesgo crediticio.

En cuanto a las variables utilizadas y los datos para la creación del modelo este se enfoca en la unión entre los modelos clásicos de Wilson (1997) y Koenker y Xiao (2006) los cuales presentan modelaciones por medio de las metodologías VAR, los datos usados para el modelo presentan datos trimestrales desde 1995 – 2009, como variable dependiente se utiliza NPL medidos en portafolios de créditos que se encuentran vendidos entre 2 a 6 meses al final de cada cuartil según un indicador de riesgo crediticio (CRI). Una observación que los autores presentan es una alternativa a la modelación de NPL podría mostrarse dentro de LLP (provisiones en cartera improductiva) debido a la importancia que esta tiene dentro del sistema financiero brasileño. Entre las variables utilizadas se presenta un valor lagado de la variable dependiente, Tasa de crecimiento del PIB real, tasa de desempleo, tasa de inflación, tasa de intereses, volumen de créditos en cambios trimestrales, y variables con un solo lag. Como conclusiones los autores determinan que el uso de el link entre los modelos de Wilson Y QR presentan efectos negativos que son significativo en el riesgo crediticio que se ve reflejado en los NPL contra la tasa de crecimiento del PIB y el volumen de créditos y las variables con lag de inflación. Mientras que el uso de solo el modelo de Wilson presenta evidencia la cual conlleva a una relación positiva entre la variación de NPL y el desempleo no esperado.

Para otros estudios tales como el de Sorge y Virolainen (2006) quienes comparan los diferentes análisis de metodologías aplicadas para Finlandia en materia de stress testing con variables macro económicas. Una de las metodologías más usadas dentro del sistema financiero de Finlandia es mediante de modelos enfocados en estados financieros los cuales básicamente especifican a las diferentes variables del portafolio tales como los activos y pasivos en una situación con problemas macroeconómicos. Otro de los modelos utilizados provienen de modelos por medio de series de tiempo o datos de panel enfocados en modelos de riesgo macroeconómicos de Wilson (1997) o de modelos estructurales como Merton (1974).

Para las variables utilizadas dentro de los diferentes modelos econométricos, normalmente siempre se estiman los NPL o las PD (probabilidades de incumplimiento) en relación a variables como crecimiento de PIB, tasa de intereses, en este caso debido

al ámbito de Finlandia también se incluyen variables como el endeudamiento del sector corporativo. Además de esto, al igual que estudios anteriores se presentan como variables independientes las provisiones en cartera improductiva. Las metodologías más utilizadas dentro de los modelos econométricos se encuentran dentro de modelos de datos de panel, VAR (vectores autorregresivos), creación de parte de modelos OLS y adicionalmente modelos con variables en transición.

Existen pocos estudios en los cuales se pueden unir tanto variables micro y macro económicas para el análisis de stress, el estudio Kanno (2015) el cual tiene como propósito el estudio es la creación de un modelo de referencia para ofrecer una implementación práctica de modelos de stress test. Incluyendo variables tanto macroeconómicas y microeconómicas para bancos japoneses, creando 2 modelos y uniéndolos creando un modelo completo incluyendo todas las entidades financieras y los diferentes enfoques. Dentro de los datos utilizados se presentan datos de series de panel con una periodicidad trimestral, adicionalmente, el enfoque se encuentra en la modelación de PD (probabilidades de incumplimiento)

En cuanto a la metodología utilizada como anteriormente se mencionó se estiman 2 modelos diferentes, el modelo 1 es enfocado en la búsqueda de las variables macroeconómicas determinantes de PD dentro del sistema financiero por medio del uso de datos de panel. Mientras que el modelo 2 se enfoca en una variable microeconómica por cada banco. Al momento de la inclusión de ambos modelos completos se presentan con las siguientes variables:

En la categoría de riesgos por empresa variables como *Equity*, EBITDA, ROA, Margen operacional, Margen recurrente, Cuentas por pagar cobradas, Ratio corriente, Quick Ratio, Activos fijos para pasivos fijos ratio, *Capital adequacy ratio*, Interés cubierto ratio, *CashFlow margin*. Para riesgos macroeconómicos se presentan variables que comúnmente mencionadas en estudios anteriores como tasa de crecimiento del PIB real, CPI core, Tasa de desempleo, JGB bond yield de 10 años valor final del mes, JGB bond yield de 10 años valor inicial, TOPIX último valor, Consumo final de gasto en tasa de crecimiento. Y como los factores del sector de riesgo se incluyen el factor de la construcción, Real state factor.

Entre las conclusiones el autor indica que el uso de datos de panel presenta beneficios al momento de realizar modelos de stress debido a una mejor predicción en

cuanto a los valores observables de diferentes bancos, se obtienen mejores observaciones con varios puntos de vista debido a la cantidad de datos que esta contiene y presentan propiedades que datos de series de tiempo lo cual permite la creación de escenarios macroeconómicos en cualquier variación de tiempo.

Los autores Bremeringham y Conefrey (2014) tienen un enfoque diferente al realizar modelos de stress testing enfocados para poder determinar problemas con relación a países de los cuales se presentan como principal relación con comercio exterior debido al modelo económico usado de HERMES dentro de la economía irlandesa. El trabajo de investigación es enfocado en shocks para demanda externa lo cual es necesario según la economía irlandesa. Entre las variables usadas dentro del modelo este se enfoca en variables macroeconómicas tales como PIB, desempleo, sueldo, tasa de crecimiento entre US PIB en relación al PIB Irlandés representado dentro del modelo, Precio de precio en euros por barril, Exportaciones de bienes y servicios irlandeses, tasa de interés de mortgages, crédito total otorgado por el sector privado sin incluir intermediación financiera, precios de las casas.

Entre la metodología usada para este fue realizado por medio de un modelo VAR bayesiano, el cual es usado debido a que los datos recogidos de manera trimestral cual lo cual sufrían problemas con relación a grados de libertad, se tendrían muchos parámetros para estimaciones. Lo cual conlleva a problemas con alta incertidumbre de estimación, overfitting y proyecciones de poca importancia. La manera más fácil de solucionar los problemas se dio por medio de un enfoque de análisis Bayesiano. El prior usado para el análisis bayesiano es referido como Minnesota prior con el objetivo de disminuir los coeficientes.

En cuanto al estudio de Tian y Yang (2011) se enfoca en un modelo VAR enfocado hacia un stress testing para los bancos comerciales usando por medio de shocks macroeconómicos. Dentro de la investigación, se presentan diferentes análisis relacionados con stress testing determinando las variables más adaptadas para el ámbito chino, entre los objetivos principales se encuentra la determinación de las variables macroeconómicas que pueden afectar el riesgo crediticio de los bancos comerciales chinos, la relación entre el riesgo crediticio de los bancos y las variables macroeconómicas y como estos pueden reaccionar entre el riesgo crediticio y shocks macroeconómicos.

Entre las variables reflejadas en el estudio de Tian y Yang (2011) se adopta la morosidad como indicador de riesgo crediticio para los bancos comerciales y para el uso de la metodología que es implementada dentro del trabajo la cual es VAR para generar una comprensión del indicador de morosidad y adicionalmente se utiliza una versión extendida del modelo de Wilson (1997) para poder crear efectos entre la morosidad y las variables macroeconómicas. Para terminar la metodología se establecen análisis de escenarios con 3 escenarios posibles por medio de una simulación Monte Carlo para establecer la distribución de pérdida en los créditos según el enfoque de VaR. Los datos usados para el análisis se expanden desde 1985-2008 por lo que los autores lo consideran que cubren diferentes escenarios macroeconómicos dentro del país. Entre las variables usadas se encuentran crecimiento de PIB, tasa de intercambio, tasas de interés nominal, indicadores de propiedad, tasa de desempleo todas tienen relación en el impacto de la morosidad dentro de los bancos comerciales chinos.

Wong y Fong (2008) Crean por medio de un modelo Mixture VAR según la exposición del portafolio de los bancos la estimación de la probabilidad de distribución de las PD mediante shocks macroeconómicos, debido a que según el estudio se asumen que las distribuciones de PD y las variables macroeconómicas tienden a ser unimodal dentro del sistema financiero de Hong Kong. La selección del modelo es debido a la capacidad que el este se posee factores adicionales que el modelo VAR tradicional no permitiría hacerlo. Tales estimaciones es debido a una estimación más precisa en cuanto a la pérdida esperada y una simulación excepcional por diferentes escenarios según el supuesto de unimodal el cual es restrictivo. Además de esto el modelo permite observar dinámicas entre las PD y las variables macroeconómicas creando efectos en casos de economías más severas creando escenarios tanto para las PD como para las variables macroeconómicas. Entre las variables usadas por los autores, se encuentran crecimiento real de PIB de Hong Kong, tasas de interés real en Hong Kong y el precio real de las propiedades en Hong Kong.

En campos correspondiente a data science también se encuentran trabajos relacionados hacia manejo de stress testing y evaluación de escenarios, el trabajo realizado por Gao, Mishra, y Ramazzotti (2017) para la estimación de VaR mediante manejo de escenarios. Por métodos relacionados a Super-Bayes Redes Causales

recreando las probabilidades que se pueden generar por medio de un enfoque de stress de variables financieras.

Hoggarth, Sorensen, y Zicchina (2005) en su estudio enfocado dentro de los bancos del Reino Unido se enfocan en la relacion de las variables macroeconomicas y la creacion de un modelo de stress testing para poder establecer escenarios dinamicos dentro de la relacion entre Banks write-off es decir las perdidas que se tienen dentro de cada banco de Reino Unido al iniciar operaciones por cada prestamista y las variables macroeconomicas seleccionadas.

Entre las variables macroeconomicas seleccionadas se encuentran Write-off ratio, tasa de interes de prestamos de corto plazo, porcentaje de desviacion de la tendencia del PIB usando un filtro HP, porcentaje de desviacion de la tendencia del PIB usando una tendencia lineal, brecha de produccion derivada de la funcion de produccion de Cobb-Douglas, Tasa de desempleo, tasa de intercambio real libra esterlina contra euro usando PIB como medida deflactor, Tasa de intercambio real M6 precios de exportacion y libra esterlina usando PIB como medida de deflactor, Logaritmo del indice de la tasa de cambio, inflacion anual, inflacion trimestral, tasa de inflacion del precio de las casas de manera anual, tasa de inflacion del precio de las casas de manera trimestral, tasa del total de pagos de intereses contra disponible income, concentracion trimestral en porcentaje de saldo de hipotecas, concetracion trimestral en porcentaje del saldo de tarjetas de credito. Dentro de la metodologia implementada se esstablecen 2 modelos, un modelo econometrico entre las variables macroeconomicas y el write-off de los bancos para establecer un porcentaje total de perdidas, y establecer por medio de un VAR un modelo mas robusto con potencial a creacion de escenarios.

Ademas de estudios enfocados en la modelacion de la morosidad, tambien otro ambito importante dentro del riesgo crediticio y en diversos marcos legales se encuentran la modelacion de las provision para las creditos otrogados, diversos estudios como Van den End, Hoeberichts, y Tabbae (2006) quienes se enfocan en la modelacion de escenarios y la obtencion del VaR por medio de las provisiones para los creditos riesgosos lo cual de acuerdo a los autores no es el mejor indicador para obtener el VaR dado a que no se modelan los defaults o morosidad de los creditos adicionalmente debido a este problema implementan un segundo modelo para la medicion del riesgo de las tasas de interes. La metdologia implementada es por medio

del uso de GLS (Generalized least squares) cross-section weights para la modelacion de LLP. Los datos usados se encuentran establecidos en una serie anual de 1990-2004, entre las variables macroeconomicas usadas se encuentran las siguientes, PIB, tasa de default mundial, Bondos de 10 años emitos por Paises Bajos. Llegando a la conclusion que la estimacion por medio de LLP no presenta el mejor estimador para lo que corresponde a VaR, adicionalmente, el modelado de las tasas de interes no tienen mucho aumento de valor para el analisis de escenarios separados.

Existen también investigaciones con respecto a stress testing determinados por sectores a los cuales se presentan con necesidades de financiamiento, (Misina, Tessier, y Dey, 2006) investigas un modelo de stress testing basado en escenarios macroeconómicos y las probabilidades de default separada por sectores.

Hasta ahora se han hablado de modelos enfocados según un punto de vista button-up, pero como se ha revisado según el marco teórico también existen modelos de stress según un enfoque top-down, (Onder, Damar, y Hekimoglu, 2016) presentan un modelo según dicho enfoque el cual permite obtener una perspectiva supervisora dentro del stress test. El objetivo principal del estudio se basa en el stress del crecimiento de los créditos comerciales y corporativos junto con NPL mediante el uso de variables macroeconómicas. Adicionalmente, se toman en cuenta diferentes shocks adicionales para el cálculo de solvencia dentro de los bancos turcos siendo estos shocks en tasas de interés e intercambio de divisas.

En la parte correspondiente a riesgo crediticio debido al enfoque tomado por los autores la metodología utilizada dentro de esta se basa en la creación de modelos satélites para riesgo de crédito enfocados en modelar NPL mediante el uso de una estructura de panel dinámico. La razón por la cual se utilizan NPL a diferencia de PD o EAD es debido a la sensibilidad que las 2 últimas variables pueden tener al momento de ser estresadas. La metodología es basada en la implementación del uso de Método Generalizado de Momentos (GMM) debido a las ventajas que este posee eludiendo el bias que existe dentro de paneles dinámicos dentro de modelos econométricos con efectos fijos por ende obteniendo mejores estimaciones. Como conclusión se presenta que la variable con mayor impacto dentro de cambios dentro del crecimiento de los créditos viene dada por crecimiento económico medido en % de variación del PIB, cambios en las tasas de interés y tasa desempleo dentro de lo que corresponde a

créditos comerciales. Las mismas variables presentan impactos dentro de NPL dentro de los créditos corporativos.

Estudios más cerca de Latinoamérica si han sido publicados, entre estos se encuentra el trabajo de Vazquez, Tabak, y Souto (2012) quienes presentan un modelo de estimación por medio de 3 pasos para la obtención de VaR. El objetivo del estudio es basado en la combinación de 2 estructuras, las relaciones entre las variables macroeconómicas por medio de un modelo de series tiempo, y un modelo enfocado en datos de panel para establecer sensibilidad dentro del sector financiero brasilero para luego ser usados en el cálculo de VaR y obtener perdidas de créditos a futuro según escenarios estresados. Cabe recalcar que los datos usados dentro del estudio fueron escogidos según una serie de tiempo trimestral entre 2001-2009 concentrando diversos periodos importantes con relación a eventos macroeconómicos dentro del país.

Para iniciar los autores proponen que se establezcan 2 modelos categorizados como Modelo Macroeconómico (MMA) y Modelo Microeconómico (MMI). Para MMA este es usado para estimar las relaciones entre las variables macroeconómicas y simular escenarios de estrés por medio del uso de análisis de series de tiempo proyectado un horizonte de 2 años según metodología VAR, entre las variables macroeconómicas seleccionadas para la modelación de los créditos se encuentran cambios en la pendiente de la curva de rendimiento, créditos otorgados dentro del sistema financiero y GDP. En cuanto a MMI se basa en un modelo para establecer la sensibilidad de la calidad de los créditos otorgados ante diferentes condiciones macroeconomías mediante el uso de modelos econométricos enfocados en datos de panel dinámicos en este caso la metodología empleada fue por medio de GMM para obtener 21 ecuaciones para los diferentes tipos de créditos que se establecen en Brasil, se establecen 5 categorías dentro de los datos de panel siendo estas, total de créditos, NPL, número de operaciones, número de operaciones en default y provisiones de créditos. Finalmente, para la estimación de VaR se estima por medio de simulación de distribuciones de NPL por cada tipo de banco según su exposición y los datos proyectados anteriormente obtenidos por los modelos, usando un enfoque “Credit Risk+”.

Modelos de Stress test son usados dentro de toda el área financiera siendo está muy importante para su desarrollo, un área importante es encontrada dentro de los créditos de consumo. Gracias al estudio por parte de Bellotti y Crook (2013) presentan una alternativa para poder generar pronósticos y stress test para modelar

probabilidades de default según comportamiento de los clientes y condiciones macroeconómicas durante el periodo de vigencia de la tarjeta de crédito otorgada mediante el uso de una estructura de análisis de supervivencia discreto. Debido los modelos estáticos que presentan un score para la otorgación de créditos de consumo estos no determinan si en el tiempo los clientes pueden caer en default no solo por su comportamiento si no por escenarios fuera de su control. Es por esa manera que consideran modelos dinámicos para la modelación dentro de las PD mediante variables de comportamiento (BV), variables macroeconómicas (MV) y variables de aplicación (AV).

Entre las diferentes MV usadas dentro del modelo se encuentran tasas de interés de los bancos de Reino Unido (UK), tasa de desempleo UK, índice de producción UK, valor de las ventas comerciales, Índice FTSE 100, Índice de precios de casas Halifax, índice de precios comerciales, log de ingresos incluyendo bonos, índice de confianza al consumidor. Para AV se utilizaron variables como tiempo de cliente con el banco, log de ingresos, número de tarjetas, tiempo de la dirección actual, tipo de empleo, edad, score de buro de crédito, producto, antigüedad. Y en cuanto a BV estas se modelaron con un lag de 12 meses, entre las variables usadas se encuentran estado de pago, balance actual, límite de crédito, cantidad de pago, log número de pagos atrasados, log de transacción de ventas.

Dentro de la metodología utilizada por Bellotti y Crook (2013) esta se divide en diversas categorías se obtiene como objetivo principal obtener la escala de probabilidad según un tiempo específico por medio de un análisis discreto de supervivencia con el cual se puede obtener la PD según el tiempo. Para después poder ser usando por medio de una simulación monte Carlo para el cálculo de VaR mediante el uso de solo variables macroeconómicas mediante análisis de escenarios. Como conclusiones presentan que los modelos dinámicos presentan mayor ayuda en cuanto a la modelación de riesgo de crédito con respecto a PD y por ende presentan mejores aspectos en cuanto a proyecciones y al usar variables macroeconómicas para análisis de se pueden crear mejores resultados estresados para el análisis de escenarios.

Según estudios por Küçüközmen y Yüksel (2016) dentro del cual especifican los diferentes tipos de estructuras y enfoques para la realización de Stress Testing estos se enfocan dentro de la modelación al igual que la mayoría de autores por medio de un modelo que modele el riesgo de crédito en este caso puede ser como especifican ellos

dentro de las PD o NPL ante diversas variables macroeconómicas. Dentro del estudio se desea crear un modelo en el cual se obtenga ratio de NPL para los diversos sectores importantes dentro de la economía turca. Se establece un periodo particular para el modelo empírico el cual contiene periodos de crisis lo cual ayuda a la modelación particular dentro de enero 1995 a marzo 2005 con datos mensuales.

Los datos están por sectores económicos tales como agricultura, financiero, entre otros. Dentro de las variables macroeconómicas usadas para explicar NPL se presentan 11 de las cuales ya se han visto repetida en la mayoría de trabajos investigativos con relación a stress testing. Estas son producto nacional bruto, índice de acciones del mercado de Estambul, tasa de cambio entre euro/libra turca y tasa de cambio USD/libra turca, tasa de interés, tasa de desempleo, balance en la cuenta corriente, índice de precio al consumidor, total de préstamos en el sistema bancario, índice de producción industrial, M3. La metodología usada es primero encontrar el mejor modelo por medio de OLS que explique las variables macroeconómicas junto el NPL por cada sector, después de esto se pasa a obtener un modelo de las variables macroeconómicas para su evolución por medio de un modelo ARMA. Para finalizar se establecen simulaciones Monte Carlo para obtener VaR por medio de la estructura de perdida esperado incorporando variables macroeconómicas dentro de los PD por medio de los modelos ARIMA antes establecidos y creando simulaciones con diferentes escenarios de estrés.

Entre otros estudios que también utilizan NPL como variable principal se encuentra Hà, Triền, y Diệp (2014) quienes buscan la explicación de los NPL por medio de variables macroeconómicas y con estas poder realizar un stress test. El enfoque usado para este trabajo viene dado primero por la determinación de las variables macroeconómicas que permitan explicar los NPL por medio del uso de datos de panel en un modelo de regresión de datos de panel utilizando datos de 8 bancos que representan más del 50% del mercado financiero. Entre las variables macroeconómicas usadas para explicar el comportamiento de los NPL se encuentran crecimiento de PIB, inflación, desempleo, tasas de préstamos, tasa de intercambio de Vietnam, el estudio se lleva a cabo del periodo 2002-2012. De esta manera se establecen que las relaciones con respecto a los NPL contra las variables macroeconómicas. Después de esto se establece un VaR por medio de una simulación Monte Carlo para el sistema crediticio de Vietnam debido al tipo de sistema bancario que el país posee es aceptable para la

estructura de stress testing. Los autores concluyen estableciendo que las variables como crecimiento de PIB y tasa de préstamos poseen significancia dentro de las variables dentro del NPL al igual que otros estudios plantean. Así mismo poniendo énfasis en la relación positiva entre la tasa de préstamos dados con NPL debido a una mayor exposición de careta dentro del sistema.

A pesar de que en la mayoría de casos de estudio las variables enfocadas por un stress test son basadas ya sea en PD o NPL para modelar el riesgo crediticio, también pueden existir problemas dentro del sistema crediticio modelando un aspecto importante dentro de toda una región. Dentro del estudio realizado por Chavleishvili y Manganelli (2019) quienes a pesar de buscar shocks para el sistema financiero con un enfoque distinto. El estudio se basa en encontrar la interrelación entre el crecimiento de la producción industrial de EU (unión europea) y el indicador sistema de stress para los sistemas financieros con respecto a variables macroeconómicas con el objetivo principal de detectar casos de bancarrota en bancos pertenecientes dentro de la unión europea. El método utilizado para la creación de stress test por medio de un VAR por cuantiles (QVAR) de tal manera que se pueda explicar y pronosticar la interacción entre las variables reales y financieras dentro de la eurozona. Por lo que permite la observación de impactos tanto en el sistema financiero como en la economía los diferentes shocks por medio de diferentes impactos en políticas o crisis. El modelo QVAR presenta oportunidades que un VAR clásico no posee debido a la distribución por cuantiles permite un ambiente para modelación más natural en cuanto al diseño de análisis de escenarios.

En Latinoamérica se han visto estudios dentro de Stress Testing uno de estos es presentado por los autores Cabrera, Guitierrez, y Mendoza (2012) quienes realizan un ejercicio dentro del sistema financiero colombiano. El objetivo de estudio es desarrollar un stress test dentro del sistema financiero colombiano para conocer su capacidad de sobreponer un shock económico dentro del país además de establecer un reverse stress test con el objetivo de conocer cuánto sería el valor de NPL que se puede incrementar antes de tener ingresos antes de impuesto equivalentes a cero. La metodología usada dentro de la investigación se concentra en un *Vector Error Correction Model* (VECM) debido a los utilizados. para conocer la ratio de NPL y Total de créditos (TL) como variables de investigación.

Entre las variables utilizadas como regresores macroeconómicos se presentan variables como PIB Real, tasa de interés real, precio de casas, tasa de desempleo y una clasificación entre los diferentes tipos de créditos tanto por comercial, consumo e inmobiliario por cada modelo VECM. Para la elaboración del stress test este es realizado de manera individual por cada segmento de crédito estudiado mediante escenarios en cambios en las variables macroeconómicas. A diferencia de otros estudios, este es enfocado en encontrar los valores que pueden causar cambios dentro de los balances de los bancos mediante la ratio de NPL. Concluyendo en cambios dentro de las variables microeconómicas tales como EBT, ROA, CAR según los valores pronosticados a diferencia de encontrar el VaR con simulaciones de estrés y encontrar PE. El modelo presentado sirve como un posible instrumento al momento de evaluar políticas que puedan afectar al sector.

Como se ha observado hasta ahora, existen diferentes metodologías para el enfoque de creación de modelos para stress testing, así como las variables que pueden ser estudiadas para el riesgo crediticio. Wong, Choi, y Fong (2008) presentan una metodología distinta hacia el sector Financiero de Hong Kong, mediante el uso de *Seemingly Unrelated Regression* (SUR) para estudiar la tasa de default de los préstamos dentro de los bancos enfocado en la construcción de 2 modelos de riesgo crediticio con variables macroeconómicas. Siendo el primer modelo para la explicación del total de la cartera de préstamos de todo el sistema financiero y como este puede ser usado para estresar los créditos totales a los diferentes sectores económicos, y el segundo modelo es especializado para bancos cuya exposición se enfoca en créditos inmobiliarios. Finalizando por medio de una simulación Monte Carlo para la obtención de VaR.

Se llevó a cabo el estudio por medio de datos trimestrales desde 1994 hasta 2006, las variables usadas dentro del modelo son crecimiento de PIB real de Hong Kong, crecimiento de PIB real de China, tasas de interés real en Hong Kong, precios reales de propiedades en Hong Kong. Las PD fueron medidas por medio de la cantidad de préstamos que han estado vencidos por más de 3 meses sobre el total de préstamos. Como conclusión al momento de realizar VaR, se establecen con diferentes niveles de confianza las PE por cada banco, incluso con diferentes shocks dentro del sistema financiero de Hong Kong los bancos no incurrían en posibles pérdidas.

Gracias a Kanas y Molyneux (2018) aumenta otra metodología que puede ser usada dentro de la evaluación de stress testing enfocada en el sistema financiero de Estados Unidos, al igual que otros estudios sus variables a ser estresadas se encuentran como NPL que de acuerdo a ellos son determinados por la no linealidad del crecimiento del PIB real, la tasa efectiva de los fondos federales, el ratio deuda interna contra PIB, ratio de promedio ponderado de intercambio, NBER indicador de recesión económica, índice de actividad económica, índice de indicador líder económico, tasas de interés tales como prime y directamente tasas de interés de largo plazos en hipotecas.

A diferencia de Ecuador, se consideran NPL cuando los préstamos están vencidos por más de 90 días sobre el total de préstamos otorgados. Para la metodología utilizada se basan en un *additive semi-parametric quantile analysis* (ASPQA) el cual es una extensión de un modelo de cuantiles lineal, además, dentro del estudio se extiende el uso de variables no lineales semi-paramétricas que contienen las variables macroeconómicas. Y aseguran que técnicas no paramétricas dentro de riesgo crediticio son de gran ayuda debido se separan de supuestos paramétricos estándar como normalidad del término de error pueden tener impactos significativos dentro de las probabilidades. Y el uso de ASPQA permite la ventaja de ofrecer reducción de dimensiones evadiendo problemas de dimensionalidad debido a restricciones de componentes no paramétricos.

En otras investigaciones también se han considerado datos de panel dinámicos los cuales cuentan como una metodología aceptable y de gran aportación dentro de stress testing. Un estudio específico por Abid, Ouertani, y Zouari-Ghorbel (2014) quienes establecen las determinantes para los NPL dentro del segmento de créditos inmobiliarios en Túnez los cuales son créditos más seguros y de largo plazo. Dentro de la metodología utilizada se encuentran datos de panel dinámicos (DPD) para la modelación de un modelo que permita establecer proyecciones en relación a NPL y variables macroeconómicas. Además de que mencionan de acuerdo a resultados que los bancos tienden a tener mayor cantidad de NPL y préstamos en riesgo en épocas de recesión porque se incitan a dar mayores créditos en esta época lo cual permite una mayor exposición de riesgo en incumplimiento.

Modelos de VECM han sido poco observados dentro de la revisión literaria a pesar de ser útiles cuando existen problemas de co-integración de variables y los datos

no presentan problemas para la generación de un VAR. Zeman y Jurca, (2008) presentan un modelo VECM para estimar por medio de NPL el riesgo crediticio y generar escenarios. Pero realizan una metodología agregada para cálculo no solo de riesgo crediticio si no de todo riesgo de mercado y liquidez al mismo tiempo y generar un agregado total de riesgo. Dentro de este es uno de los pocos estudios donde el GPD no presenta significancia dentro del stress test. Se enfocan mas en políticas económicas que tienen mayor significancia dentro del sistema financiero slovakio.

A pesar de encontrarse con una modelación por variables macroeconómicas a diferencia de otros estudios con la misma metodología estos incluyen variables específicas para cada banco tales como nivel de diversificación, ROE, Ratio de solvencia, ineficiencia, tamaño para probar diferentes hipótesis en relación a la otorgación de créditos inmobiliarios. Encontrando una relación entre diferentes ciclos económicos y el tipo de crédito que se otorga creando un modelo de evaluación no solo para conocer el sistema financiero sino también para la evaluación de políticas públicas que puedan llegar a afectar en diferentes ciclos económicos.

## **Marco Legal**

Dentro del ámbito legal las pruebas de tensión se ven siendo influenciadas tanto por los diferentes acuerdos de Basilea II y por medio del cumplimiento de la Codificación de Resoluciones Monetarias, Financieras, De Valores y Seguros se hace mención al:

**Libro I.** Normas de Control para las Entidades de los Sectores Financieros Público y Privado

**Título IX.-** De la Gestión y Administración de Riesgos

**Capítulo II.-** De la Administración de Riesgo de Crédito

**Art 5.** Literal a.

## CAPITULO II

### Metodología de la investigación

La metodología a ser empleada se desarrolló en este capítulo, con el objetivo de desarrollar un modelo de stress test con el objetivo de poder estudiar la relación entre las variables macroeconómicas y NPL como variable para determinar el riesgo de crédito. Se irán a detallar diferentes aspectos de la investigación como el tipo de investigación, limitaciones en data, recopilación de información, herramienta de análisis y método utilizado.

### Diseño de la Investigación

El tipo de investigación es descriptiva y correlacional. Debido a que se asocian conceptos y variables, dentro de esta investigación se procederá a realizar predicciones con respecto a NPL por lo que el tipo de investigación correlacional es el más adecuado para esta. Por otro lado, es descriptiva debido a la definición de variables y los fenómenos y componentes que están poseen para relacionarse con NPL y su impacto en ella (Fernandez, Baptista, & Hernandez, 2014).

### Enfoque y Método

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo debido a su forma u orden en la cual se desarrolla el proceso de resolver un problema y resolverlo con base a marco referencial. El método utilizado se presenta como lógico deductivo dada a la naturaleza del tema de la cual parte de revisión de teorías para poder utilizar el análisis de datos para poder resolverlo. El enfoque de la investigación es un modelo *de stress test botton-up* según lo revisado por la teoría.

La investigación se enfoca en 3 diferentes puntos según la estructura de construcción de un modelo de *stress testing*. Primero se deciden las variables macroeconómicas basadas en investigaciones anteriores, se establece un modelo econométrico suficientemente robusto para la explicación de la morosidad dentro de Ecuador, y para terminar se establecen análisis de escenarios para la realización de Stress Test y cálculo de VaR mediante simulación Monte Carlo.

## **Alcance y limitaciones**

El alcance la investigación es de carácter exploratorio porque busca determinar relaciones potenciales dentro de las variables macroeconómicas especificadas contra la morosidad. Permitiendo un modelo con la capacidad predictiva que pueda ser usado para genera diferentes escenarios en ambientes de prueba.

Entre las limitaciones presentadas dentro del estudio se presentan tanto la selección apropiada de las variables que puedan explicar la morosidad dentro del sistema financiero dado a que no existen variables concretas que puedan determinarlos. Falta de información por parte de las entidades gubernamentales en cuestión de información pública y accesible.

Otra de las limitaciones encontradas dentro del proceso de investigación radica en problemas de quiebres estructurales para los periodos comprendidos entre 2003-2005 los cuales no se pudieron modelar debido a esta situación. Las faltas de información junto con problemas de quiebres estructurales presentaron limitaciones, por lo que se decidió cambiar a un periodo 2006-2019 el cual de igual manera presenta problemas macroeconómicos los cuales crearon impactos significativos dentro de la economía ecuatoriana.

## **Datos**

Los datos utilizados dentro de la investigación son secundarios, obtenidos de fuentes oficiales. Debido a que se trabaja con diversas variables macroeconómicas estas son de acceso público. Las fuentes de información consultadas para la recolección de datos son Superintendencia de Bancos para lo que tiene relación hacia el sector financiero, Banco Central del Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para las variables macroeconómicas y CEPAL.

Se trabajará con datos desde 2003-2019 tomando en consideración aspectos importantes de la economía ecuatoriana. De esta manera es posible una mejor modelación de los datos y según la particularidad de los modelos de Stress Test una mejor manera de explicar la morosidad durante el tiempo.

## **Instrumento**

El instrumento de uso es mediante lenguaje de programación R y el IDE R Studio para lo correspondiente a manejo de bases de datos, extracción de datos,

modelación y simulaciones estadísticas. Se adjunta en los anexos B el código desarrollado junto a las librerías utilizadas.

## Variable de Estudio

### Ratio de Morosidad (NPL)

Tal como se ha revisado durante los estudios realizados para Stress Test estos presentan su variable de estudio para la morosidad representada por medio del ratio de NPL o PD según lo desee o como lo considere su cálculo el autor. Adicionalmente se considera el uso de un modelo de ecuaciones simultaneas para una mejor predicción y modelación de los datos. Se basa en estudios como (Sorge y Virolainen, 2006; Tian y Yang, 2011; Küçüközmen y Yüksel, 2016) (Brertingham & Conefrey, 2014) (Hoggarth, Sorensen, & Zicchina, 2005) quienes determinan un modelo enfocado en el uso de ratios de NPL como variable que representa al riesgo de crédito.

Dentro del sistema financiero de Ecuador, NPL se ven reflejados con la siguiente ecuación:

$$NPL = \frac{\text{Cartera Improductiva}}{\text{Cartera Total}}$$

Donde, la Cartera Improductiva representa todos los créditos en los estados de vencido y no devenga intereses lo cual se presenta como una forma diferente de la perspectiva mundial los cuales toman como cartera improductiva aquellos créditos que se encuentran en estado vencido por más de ya se 90 o 60 días. Y Cartera Total es el total de saldo prestado por las entidades bancarias.

### Variables Macroeconómicas

Para el establecimiento de las variables macroeconómicas se consideran en este caso todas las investigaciones realizadas dentro del área de Stress Testing. las cuales se presentan las siguientes quienes tienden a explicar o modelar las variaciones de morosidad dentro de los diferentes modelos utilizados. Adicionalmente se consideran variables trabajadas por (Diaz, 2018) quienes ya han desarrollado una investigación dentro de Ecuador.

### PIB

La primera variable independiente para utilizar dentro del estudio es el PIB el cual va a estar representado como la tasa de crecimiento de PIB real de forma trimestral. Tanto los estudios como (Lu y Yang, 2012; Sorge Y Virolanen, 2006; Tian Y Yang, 2011; Cabrera, Guitierrez y Mendoza, 2012) utilizan dentro de sus

investigaciones dentro de las cuales utilizan NPL como variable determinante del nivel de morosidad para las distintas áreas geográficas que se han realizado. De acuerdo con los cuadros referenciales revisados, se espera obtener un signo negativo en cuanto a la relación de Morosidad y PIB. De tal manera que se presenta la siguiente hipótesis dentro del uso de la variable PIB.

H0: PIB tiene una relación inversa hacia la tasa de Morosidad dentro del sistema financiero.

## **Desempleo**

El desempleo es una variable que puede definir el comportamiento de la morosidad dentro del sistema financiero, estudios como los de Cabrera, Gutiérrez y Mendoza, (2012) la definen como una variable importante dentro de su investigación en Colombia y mencionada como una de las variables más importante dentro de tal vez investigaciones dentro de la región sur americana. Es por eso que es escogida para la explicación de morosidad.

Esta es utilizada como la tasa de desempleo trimestral dentro del periodo de estudio. El signo esperado para esta es positivo dando a los estudios revisados que utilizan la variable para la explicación de la morosidad. Por lo que se plantea la siguiente hipótesis para la variable.

H0: Tasa de desempleo tiene una relación positiva hacia la tasa de Morosidad dentro del sistema financiero.

## **Gasto Publico**

El gasto público es una variable que no se ha revisado dentro de los diferentes estudios relacionados a stress test revisados dentro del marco referencial. Pero conforme a esto, debido a que la mayoría de los estudios son realizados dentro de áreas regionales en los cuales se posee política monetaria y política fiscal esto se presenta como un limitante dentro del estudio en Ecuador. De esta manera, el ratio de gasto público se ha presentado como una variable que permite representar parte crecimiento como involucración de la política fiscal dentro del país afectando el sistema financiero como en los estudios de (Chaibi y Fitti, 2015; Leeper Y Walker, 2013; Li, Pei y Tan, 2018) como un indicador importante en el sistema financiero.

Como esta es una variable que va a ser probada dentro de este estudio el signo esperado no es posible determinar por medio de estudios previos relacionados a la morosidad financiera. Con esto en mente, depende mucho sobre la gestión gubernamental y su incidencia dentro del sector financiero. La variable es medida por medio del siguiente ratio.

$$GF = (Gasto\ Publico)/PIB$$

H0: La tasa de gasto público tiene una relación positiva con respecto a la Morosidad del sistema financiero.

### **Tasa de Interés**

La tasa de interés es una de las variables utilizadas dentro de los estudios relacionados con stress test, dentro del estudio la define de manera operacional por medio de la tasa de interés trimestral activa dada por el banco central del Ecuador. Estudios como los de (Warmustafa Y Sukri, 2015; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012; Sorge Y Virolainen, 2006; Tian Y Yang, 2011). Tiene gran influencia en cuanto al comportamiento de la morosidad dentro del sistema financiero por lo que se espera que presente un signo negativo en cuanto a la relación de morosidad. Se presenta la siguiente hipótesis dentro de la variable.

H0: Tasa de interés tiene una relación inversa con respecto a la Morosidad del sistema financiero.

### **Exportaciones de Bienes y Servicios**

Dentro de muchos estudios relacionados al segmento comercial de créditos las exportaciones de bienes y servicios se presenta como variable importante para la determinación de la morosidad y su comportamiento dentro del sistema financiero. Estudios como los de (Diaz ,2018; Ocana, 2017; Sorge Y Virolainen, 2006; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012) la categorizan de suma importancia en la modelación de los NPL. Para el estudio se va a tomar de referencia la tasa de crecimiento trimestral de exportaciones de bienes y servicios para poder explicar la morosidad. Se plantea la siguiente hipótesis en cuanto a la variable.

H0: Exportaciones de bienes y servicios tiene relación negativa con respecto a la Morosidad.

## **Importaciones de Bienes y Servicios**

Las importaciones de bienes y servicios muestran de gran importancia al igual que las exportaciones para el segmento de crédito, presenta una de los mejores indicadores para poder observar el comportamiento de NPL. Los estudios de (Diaz ,2018; Ocana, 2017; Sorge Y Virolainen, 2006; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012) presentan una relación negativa en cuanto el impacto a los NPL. Se representa como crecimiento de bienes y servicios de manera trimestral.

H0: Importaciones de bienes y servicios presentan relación inversa hacia Morosidad.

## **Crisis**

La variable crisis está tomada de los estudios de (Diaz ,2018; Ocana, 2017; Uquillas Andrade Y Gonzáles Vallejo, 2017) quienes la establecen dentro del sistema ecuatoriano como una variable binaria para la relación de precio de petróleo y su caída o subida de precio constante. Se mantiene como 0 si se presenta una caída constante de precio de petróleo y 1 si se presenta una subida constante de los periodos del precio de petróleo. Esta demuestra ser una variable significativa dentro de los estudios relacionados a stress test dentro del sistema financiero ecuatoriano debido a la dependencia del precio de petróleo. Se presenta como binaria debido al ámbito de crisis que esta puede causar y los cambios de expectativa que se tiene dentro del país.

H0: Crisis tiene una relación inversa en cuanto hacia la Morosidad del sistema financiero.

## **Modelo Econométrico**

A continuación, se presenta una tabla junto a las variables, su referencia y definición operacional para el estudio de *stress testing* para el segmento de créditos comercial.

Tabla 1

*Operacionalidad de Variables*

Variable	Definición Conceptual	Referencia	Definición Operacional	Signo Esperado
<b>Morosidad Bancaria</b>	La morosidad es definida como la falta de pago dentro de un crédito en un periodo especificado. Creando en si un saldo improductivo dentro de la cartera de créditos.	(Uquillas Andrade Y González Vallejo, 2017; Warmustafa Y Sukri, 2015; Tenasković Y Jandrić, 2015; Lu Y Yang ,2012; Sorge Y Virolainen, 2006; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012)	<b>NPL Ratio</b> $NPL = \frac{\text{Saldo Improductivo de créditos}}{\text{Saldo Total de créditos}}$	
		(Lu Y Yang ,2012; Sorge Y Virolainen, 2006; Tian Y Yang, 2011; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012)	<b>PIB</b> Tasa de Crecimiento PIB real (trimestral)	-
		Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012	<b>Desempleo</b> Tasa de desempleo (trimestral)	+
		(Chaibi Y Ftiti, 2015; Leeper Y Walker, 2013; Li, Pei Y Tan, 2018)	<b>Gasto Publico</b> $\frac{\text{Gasto Publico}}{\text{PIB}}$	+/-
<b>Factores Macroeconomicos</b>	Variables los cuales determinan la economía de un país según sus fortalezas y riquezas naturales.	(Warmustafa Y Sukri, 2015; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012; Sorge Y Virolainen, 2006; Tian Y Yang, 2011)	<b>Interés</b> Tasa de Interes trimestral	+
		(Díaz ,2018; Ocana, 2017; Sorge Y Virolainen, 2006; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012)	<b>Exportaciones de Bienes y Servicios</b> Crecimiento de Exportaciones de Bienes y Servicios (trimestral)	-
		(Díaz ,2018; Ocana, 2017; Sorge Y Virolainen, 2006; Cabrera, Guitierrez, Y Mendoza, 2012)	<b>Importaciones de Bienes y Servicios</b> Crecimiento de Importaciones de Bienes y Servicios (trimestral)	-
		(Díaz ,2018; Ocana, 2017; Uquillas Andrade Y González Vallejo, 2017)	<b>Crisis</b> Variable binaria 1= crecimiento constante de precio petroleo 0= Caida constante precio petroleo	-

Por lo que el modelo a ser estudiado se encuentra de la siguiente manera:

$$(1) NPL = \alpha_0 + \alpha_1 PIB_t + \alpha_2 DESEMPLEO_t + \alpha_3 GASTO PUBLICO_t + \alpha_4 TASA DE INTERES_t + \alpha_5 EXPORTACIONES_t + \alpha_6 IMPORTACIONES_t + \alpha_7 CRISIS_t + e_t$$

## Escenarios

Una vez establecido un modelo capaz de predecir la morosidad dentro del sistema financiero según la evolución de las diferentes variables macroeconómicas, dentro de la metodología también se establecen análisis de escenarios clasificados entre 3 diferentes estados.

- Escenario Base: Este es basado en la proyección de NPL según un comportamiento normal sin cambios dentro de las variables
- Escenario Optimista: Mediante cambios dentro de las variables macroeconómicas con un enfoque positivo en estas se crea una proyección de NPL según los cambios en crecimiento de las variables macroeconómicas.
- Escenario Pesimista: Mediante un shock negativo dentro de las variables macroeconómicas para poder obtener cambios en los NPL proyectados

## Método

Como se ha explorado dentro del marco referencial, existen diferentes enfoques metodológicos para la realización de un modelo de *Stess Test*. La metodología propuesta se encuentra dividida en tres diferentes partes. En primera instancia se establece la selección de las variables macroeconómicas que puedan tener un impacto dentro de la economía ecuatoriana basado en los estudios empíricos previamente revisando durante el proceso de investigación los cuales utilizan para determinar la morosidad dentro del sistema financiero para el segmento de créditos comercial del Ecuador.

Como segunda parte se planea establecer un modelo econométrico por medio de un modelo de vector de corrección de error (VECM) propuesto por (Sims, 1980) debido a la cointegración que se presenta dentro de las variables. Este modelo es usado para poder entender las variables macroeconómicas y su impacto dentro de la morosidad del sistema financiero. Los modelos VECM han sido de gran uso en estudios basados en el análisis de impacto de economías, impacto de políticas monetarias y públicas dentro de economías pequeñas y grandes (Birmingham & Conefrey, 2014).

Otra decisión por la cual se utiliza un modelo VECM es debido a la relación que esta se puede presentar entre las variables y su interacción entre ellas, debido a las restricciones que las variables poseen y sus efectos de co-integración se requiere el uso de este para el sistema financiero ecuatoriano del segmento de créditos comercial.

El objetivo del trabajo es poder determinar el VaR en diferentes tipos de escenarios por lo tanto la metodología VECM permite una manera natural de poder generar escenarios a pesar de no tener una estructura como modelos macroeconómicos con mayor cantidad de variables. Entre los diferentes modelos revisados según (Birmingham & Conefrey, 2014) estos utilizan 2 modelos VECM para poder realizar un stress test, el primero se enfoca en análisis entre las variables macroeconómicas y la demanda externa dentro de Irlanda, y un segundo VAR para establecer mediante una extensión aumentando variables financieras para la creación de escenarios. Mientras que otros estudios revisados tales como (Hoggarth, Sorensen, & Zicchina, 2005) modelan un VECM inicial con la relación a las variables entre NPL y variables macroeconómicas para luego ser inicializadas en un modelo de riesgo de crédito que

permita la recreación de escenarios para establecer un VaR. Dentro de la investigación se plantea establecer un VECM inicial enfocado en la relación de NPL y variables macroeconómicas para luego estas poder ser estresadas mediante un análisis de escenarios y con el objetivo final de obtener el VaR mediante simulaciones Monte Carlo.

Y como punto final dentro de la metodología utilizada dentro de este estudio se establecen escenarios para determinación de VaR dentro de los diferentes escenarios creados por las proyecciones del modelo y simulaciones Monte Carlo. Se plantean tres diferentes escenarios.

- Escenario Base: Proyección de NPL según el comportamiento normal de las variables macroeconómicas
- Escenario Optimista: Shocks positivos dentro de las variables macroeconómicas dando un enfoque positivo hacia la proyección de NPL según un ámbito económico positivo.
- Escenario Pesimista: Shock negativo en cuanto a las variables macroeconómicas y obtener el peor caso económico.

Las selecciones de los escenarios son en base a datos históricos para poder establecer una proyección más acercada a la realidad.

## **Análisis de datos**

Antes de iniciar con la modelación, se tienen que observar y solucionar los problemas con los datos que puedan presentar. Y establecer las diferentes pruebas para saber si los datos se pueden adaptar hacia un modelo VECM.

## **Estadísticas Descriptivas**

Se presentan estadísticas descriptivas para las variables utilizadas. Se presentan dos tablas separadas debido a la cantidad de variables utilizadas dentro del estudio.

Tabla 2

<i>Estadísticas Descriptivas 1</i>			
NPL	Desempleo	Tasa de Interés	Gasto Publico
Min. :0.02284	Min. :0.03689	Min. :0.07000	Min. :0.1037
1st Qu.:0.02892	1st Qu.:0.04153	1st Qu.:0.08170	1st Qu.:0.1254
Median :0.03138	Median :0.04713	Median :0.08385	Median :0.1404
Mean :0.03194	Mean :0.04765	Mean :0.08601	Mean :0.1354

3rd Qu.:0.03355    3rd Qu.:0.05215    3rd Qu.:0.09150    3rd Qu.:0.1503  
Max. :0.04460    Max. :0.06471    Max. :0.10670    Max. :0.1574

Dentro de la tabla se pueden observar las estadísticas descriptivas para las variables endógenas que van a ser utilizadas dentro del modelo. Dado a que todas las variables se presentan como variables endógenas. Para la variable NPL, la cual va a ser nuestra variable para poder determinar el nivel de riesgo crediticio dentro del estudio presente, el valor más bajo registrado durante los periodos del 2006-2019 de forma trimestral es equivalente a 2.28%, se presenta una media de los valores equivalentes a 3.13% en cuanto al ratio de NPL dentro del segmento de créditos comercial en el sistema financiero ecuatoriano. El valor más alto registrado dentro de la serie equivale a 4.46% de ratio NPL. Estos valores nos pueden dar una idea de cómo ha sido el comportamiento de la variable durante los periodos analizados para la realización del modelo de stress test. La desviación estándar de la variable NPL es de 0.0046 lo cual demuestra que no existen cambios drásticos durante los periodos de estudio.

En cuanto al resto de variables macroeconómicas explicativas para conocer el impacto de la morosidad según cambios sobre estas una de las iniciales se encuentra dentro la tasa de desempleo trimestral. La tasa de desempleo dentro de Ecuador se encuentra con una media de 4.75% durante todos los periodos estudiados. y los valores más altos reportados en 6.47% de desempleo en Ecuador, con un contraste con respecto a su valor mínimo registrado en la fecha de 3.68%. La desviación estándar de la tasa de desempleo ecuatoriana equivale a 0.0069 lo cual demuestra que la variable no ha tenido variaciones fuera de lo normal y la serie se presenta en buen estado para modelación.

La tasa de interés se presenta relativamente sin muchos cambios durante los diferentes periodos utilizados para el estudio. Se presenta una desviación estándar de 0.0077 lo cual demuestra que no existen cambios exagerados durante los diferentes periodos utilizados. Se presenta con una media de los datos de 8.6% durante los periodos observados y con un valor mínimo observado de 7%, y un valor de 10.6% como máximo valor registrado de tasa de interés activa dentro de Ecuador. Durante los últimos periodos se observa que la tasa de interés no ha mantenido muchas variaciones y se encuentra con un valor muy cercano a la media de los datos.

La variable Gasto Publico definido dentro del estudio como ratio de gasto publico según PIB, es la única variable que muestra variaciones más altas, esto es demostrado según una desviación estándar de 0.016 la cual es más arriba en comparación al resto de variables que han sido descritas hasta el momento. Es fácil observar estas variaciones cuando el rango de la variable se registra entre un valor mínimo de 10.37% y un valor máximo de 15.74%, una diferencia de 5.37 puntos porcentuales. la media de los datos se encuentra en 13.54%. El gasto publico siendo un tema muy debatido dentro del país presenta las variaciones más altas dentro de todas las variables macroeconómicas escogidas para la explicación de la morosidad.

Tabla 3

*Estadísticas Descriptivas 2*

PIB	Exportaciones	Importaciones	Crisis
Min. :-0.059154	Min. :-0.22474	Min. :-0.1753133	Min. :0.0000
1st Qu.: 0.001128	1st Qu.: -0.04527	1st Qu.: -0.0695749	1st Qu.: 0.0000
Median : 0.013934	Median : 0.02342	Median : -0.0007548	Median : 0.0000
Mean : 0.016689	Mean : 0.03223	Mean : 0.0206720	Mean : 0.4107
3rd Qu.: 0.034123	3rd Qu.: 0.10040	3rd Qu.: 0.0886548	3rd Qu.: 1.0000
Max. : 0.088451	Max. : 0.39501	Max. : 0.3507576	Max. : 1.0000

Continuando con las variables restantes, La variable PIB es medida según tasa de variación entre trimestre, es por esta razón que se presentan valores mínimos reportados como -5.9% y valores máximos de 8.8% dentro de la serie. A pesar de esto no se presenta variaciones estándares elevadas durante los periodos, la variable se ha comportado de forma normal durante los periodos analizados. La media que registra durante toda la serie equivale a 1.66% lo cual demuestra un crecimiento medio durante los periodos analizados de 1.66% dentro del PIB y economía ecuatoriana.

Exportaciones e Importaciones pueden describirse juntas debido a la naturaleza de las variables. Ambas variables son medidas según tasa de crecimiento trimestral para el estudio, es por esta razón que al igual que PIB se pueden presentar variaciones altas comparadas al resto de variables. A pesar de esto, exportaciones e importaciones presentan comportamientos similares durante los años de estudio. El valor mínimo reportado de exportaciones equivale a una tasa de crecimiento de -22.47% y un valor máximo registrado de 39.50%. Incluso con un rango extenso de variaciones con respecto al crecimiento de la variable, esta presenta una tasa de crecimiento media de 3.22% durante todos los periodos observados desde 2006-2019. Con respecto a la tasa

de crecimiento de importaciones, como se ha mencionado anteriormente tiende a tener un comportamiento similar. Esta se encuentra entre un rango de valor mínimo registrado de -17.53% y un valor máximo de 35.07% dentro de la tasa de crecimiento. Comparado a exportaciones esta se ha mantenido con caídas un poco menos severas de igual manera, esta presenta una tasa de crecimiento media durante los periodos analizados de 2.06%, un poco menor en comparación a las exportaciones ecuatorianas.

Por último, se utiliza la variable denominada crisis, la cual es una variable dicotómica generada a partir de condición dentro del precio de petróleo internacional. De tal manera que esta presenta un rango entre 0 y 1 y un valor medio de 0.4.

## Missing Value

La única variable que presentaba problemas de *missing values* dentro de la serie se presenta de la serie de desempleo la cual se completó por medio de un algoritmo *k-Nearest neighbour Imputation* (Kowarik & Templ, 2016) el cual permite la imputación de datos basado en la variación de la distancia de Gower para variables numéricas, categóricas y variable *semi-continuas*.

El proceso matemático detrás de del algoritmo permite la imputación de valores perdidos mayormente utilizados dentro de muestras de encuestas, a pesar de esto es una de las principales maneras de imputación de datos tanto categóricos como números cuando no se tiene conocimiento previo de la distribución de los datos (Zhang, 2012). La primera introducción del método *Nearest Neighbors* (NN) se presenta dentro del estudio de (Skellam, 1952) donde se pudo aplicar de manera exitosa hacia encuestas estatales tanto de Estados Unidos y Canadá. El método fue refinado dentro de lo que ahora es conocido como método kNN dentro del estudio generado por (de Andrade & Hruschka, 2009) en el cual se imputan valores perdidos categóricos con respecto a la mayoría según sus valores cercanos de k, y la media de los valores cercados de k se caracterizan como predicción del valor perdido. El estimador de kNN es definido de la siguiente manera:

$$y = \begin{cases} \arg \max_v \left\{ \sum_{(X_j, Y_{j,1}) \in D_k} 1(Y_j=v) \right\}, & \text{Solo si } Y \text{ es categorica} \\ \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k Y_{j'} & \text{Solo si } Y \text{ es numerica} \end{cases}$$

De tal manera que, para el estudio se pueden utilizar para completar la serie de datos desempleo la cual se presenta con problemas de valores perdidos debido a limitaciones en cuanto la información y su obtención. se lograron completar 5 datos perdidos de una serie de 56 observaciones.

## Datos Atípicos

En primera instancia se realiza una prueba de Grubbs (Grubbs, 1969) (Stefansky, 1972) para poder obtener los datos atípicos dentro de los datos observados. El test de Grubbs puede detectar valores atípicos dentro de una serie por medio de iteraciones hasta establecer todos los datos atípicos que se pueden presentar. Es diseñado para determinar si la observar más pequeña se presenta como dato atípico dentro de una muestra (Cohn, et al., 2013).

Se presentaron datos atípicos dentro de las variables de NPL, Importaciones de Bienes y servicios.

Tabla 4

*Test de Grubbs NPL*

Grubbs test for one outlier		
data: mora		
$G = 2.74247,$	$U = 0.86077,$	$p\text{-value} = 0.1293$
alternative hypothesis: highest value 0.0445956086816794 is an outlier		

Para lo que corresponde a los datos atípicos de mora, estas fueron encontrados tres valores atípicos, dentro de la tabla se presenta el primero encontrado. A pesar de esto se reemplazaron los valores por la media de los valores de NPL durante todo el periodo. Para los datos de NPL se presenta un p-value mayor a 0.05 por lo tanto se rechaza la H0 de no existir datos atípicos dentro de la serie, y se acepta la H1 correspondiente a existencia de datos atípicos dentro de la serie.

La manera de subsanar los datos atípicos encontrados fue reemplazando los datos por la media de la serie de tal manera que no existan valores fuera de lugar. De esta manera se presenta una serie con mejores capacidades para ser usadas dentro de modelos predictivos, y previniendo problemas de inconsistencia en cuanto a normalidad de datos durante el proceso de modelación. De esta manera se pueden subsanar problemas que se puedan presentar más adelante. Los valores fueron reemplazados por la media de NPL la cual equivale a 3.19%.

Tabla 5

*Test de Grubbs Importaciones*

Grubbs test for one outlier		
data: import		
G = 2.53393,	U = 0.88114,	p-value = 0.2594
alternative hypothesis: highest value 0.350757569074631 is an outlier		

Al igual que NPL, se presentaron datos atípicos dentro de la serie de importaciones, dentro de la tabla se puede observar de igual manera que el p-value es mayor a 0.05 por lo tanto se rechaza la H0 la cual me especifica que no se presenta ningún dato atípico y se acepta la H1 en la cual me presenta valores atípicos. A diferencia de la serie anterior, importaciones solo presento un valor atípico por lo cual este fue reemplazado por la media de la serie equivalente a 2.06%. Evitando problemas de normalidad dentro de los datos.

## Estacionalidad

Se establecen pruebas para determinar estacionalidad de las variables por medio del uso de X12-ARIMA (Kowarik, Meraner, Templ, & Schopfhauser, 2014), mediante el modelo X12-ARIMA se pueden observar si las variables presentan o no estacionalidad. Dentro de las variables que se consideran en el estudio, 3 presentan un ajuste estacional entre ellas la variable NPL, Desempleo y Gasto Publico. El objetivo del X12-ARIMA es poder reemplazar la variable estacional con una variable desestacionalizada para un mejor uso dentro de los modelos predictivos (Findley, Monsell, Bell, Otto, & Chen, 1998).

### Variable Desempleo

Tabla 6

*Modelo X12-ARIMA Desempleo*

seas(x = desempleo_s)					
Coefficients:					
	Estimate	Std. Erro	z	Pr(> z )	
Constant	-3.1322	0.0256	-122.369	< 2e-16	***
LS2011.1	-0.23494	0.04311	-5.449	5.06E-08	***
AR-Nonseasonal-01	0.45105	0.12068	3.738	0.000186	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
SEATS adj. ARIMA: (1 0 0) Obs.: 56 Transform: log					

---

AICc: -444.9, BIC: -437.6 QS (no seasonality in final):0.327

---

Box-Ljung (no autocorr.): 18.82 Shapiro (normality): 0.966

---

Dentro de la variable desempleo, al momento de realizar la prueba de estacionalidad X12-ARIMA, se presentan la variable estacionaria, esta es corregida por medio de un modelo X12-ARIMA en la cual se puede observar dentro de la tabla 6 el modelo obtenido para poder corregir el ajuste estacional. Los coeficientes encontrados para el modelo se presentan significativos, las variables usadas dentro de desempleo se encuentra un ajuste auto regresivo estacional de primer nivel con un coeficiente estimado de 0.45, LS2011.1 con un signo negativo con un coeficiente estimado de -0.23. El modelo presenta criterios AIC y BIC cercanos a 0 por lo que el modelo es aceptable para pronósticos los cuales son usados para obtener tanto la nueva desestacionalizada como la tendencia, ajuste estacional de esta.

### Variable Gasto publico

Tabla 7

*Modelo X12-ARIMA Gasto Publico*

---

seas(x = crecimiento\_econ\_S)

Coefficients:

---

	Estimate	Std. Erro	z	Pr(> z )	
Easter[1]	0.001375	0.0006948	1.979	0.0478	*
MA-Nonseasonal-01	0.0100713	0.1268012	0.079	0.9367	
MA-Seasonal-04	0.9987907	0.0924312	10.806	<2e-16	***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

---

SEATS adj. ARIMA: (0 1 1)(0 1 1) Obs.: 56 Transform: none

---

AICc: -433.7, BIC: -426.8 QS (no seasonality in final): 0

---

Box-Ljung (no autocorr.): 18.59 Shapiro (normality): 0.9653

---

Dentro de gasto publico esta también presento problemas de estacionalidad, se presenta un ajuste SARIMA obtenido mediante el método X12-ARIMA. Los estimadores obtenidos se presentan debido a que se ajusta a un modelo SARIMA de categoría I (1), ajuste de medias móviles de primer nivel con un coeficiente estimado de 0.010 el cual, a pesar de no presentar significancia dentro del modelo, es útil para pronósticos. Un ajuste estacional MA de primer nivel con un coeficiente estimado de 0.998 y presenta significancia dentro del modelo. Por lo cual el ajuste estacional SEATS se basa según un modelo SARIMA (0 1 1) (0 1 1). Para obtener un resultado

final de la variable sin problemas de estacionalidad. Obteniendo tanto el ajuste estacional, como tendencia de la variable.

### Variable NPL

Tabla 8

Modelo  $X_{12}$ -ARIMA NPL

seas(x = mora_s)					
Coefficients:					
	Estimate	Std. Erro	z	Pr(> z )	
AO2006.4	0.25108	0.03854	6.516	7.24E-11	***
AR-Nonseasonal-01	1.2366	0.11864	10.423	< 2e-16	***
AR-Nonseasonal-02	-0.38965	0.12153	-3.206	0.00134	**
MA-Seasonal-04	0.86562	0.07292	11.871	< 2e-16	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
SEATS adj. ARIMA: (2 0 0)(0 1 1) Obs.: 56 Transform: log					
AICc: -485.7, BIC: -477.2 QS (no seasonality in final): 0					
Box-Ljung (no autocorr.): 12.34 Shapiro (normality): 0.9682					

La última variable que refleja problemas de estacionalidad es la variable de NPL, a pesar de haber presentado datos atípicos también se presenta con datos estacionarios debido al comportamiento financiero. Dada a la naturaleza de la variable siendo un indicador de cartera financiera. Para esta se ajustó a un modelo SARIMA (2 0 0) (0 1 1) mediante los siguientes coeficientes estimados. Como primer coeficiente se presenta AO2006.4 dentro del cuarto trimestre del 2006 con un estimado de 0.251 se presenta significativo dentro del modelo. El siguiente estimador se presenta dentro de AR (1) no estacional de manera significativa, al igual que AR (2) de igual manera significativa. Como ultima se presenta el estimador de MA (1) para modelo estacional de igual forma significativo. Según los criterios de AIC y BIC el modelo se presenta aceptable para poder pronosticar una variable desestacionalizada. De esta manera se pueden obtener los datos sin tendencia y ajuste estacional para mejor predicción de NPL dentro del modelo de stress test.

### Selección de Lags

Una vez solucionado los problemas que se presentan dentro de los datos se procede a establecer la cantidad de *lags* necesarios para la realización del modelo. Para poder obtener la cantidad de *lags* necesarios, mediante el uso de criterio de información y *final prediction error for sequential increasing lag* hasta un número

determinado de lags que se quiera realizar. Para el caso de esta metodología el número máximo de lags usados dentro de la función de selección es 4 debido a que se presentan datos trimestrales. Se obtiene el siguiente resultado según la selección de lags.

Tabla 9

*Selección de criterios para Lags*

Lag Selection			
AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
4	1	1	4

La cantidad optima de lags que se puede realizar dentro del modelo oscila entre 4 y 1 lag para todas las variables endógenas que explican la morosidad.

## Test de Co-integración de Johansen

Se realizan test de co-integracion de Johansen (Johansen S. , 1988), el cual permite examinar los supuestos de co-integracion dentro de las variables endógenas utilizadas. Por medio de una forma general de un modelo VECM o VAR. Dentro de esta se puede observar cuantas variables presentan co-integracion (r) entre ellas y determinar si es posible el uso de un modelo VAR o VECM. Se establecen 2 diferentes métodos de co-integracion por medio de tipo estadístico “trace” y “eigen”. Dentro de las variables se presentan las siguientes co-integraciones por medio de ambos tipos de reportes estadísticos y mediante una cantidad de lags de 4 máximos.

Tabla 10

*Test de Co-integracion Johansen, Tipo "eigen"*

Tipo: Eigen								
Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max) , without linear trend and constant in cointegration								
Eigenvalues (lambda):								
[1]	8.228026e-01	7.982332e-01	5.347111e-01	4.001174e-01	3.800081e-01	2.010621e-01	1.433079e-01	5.423873e-02
[9]	-	-	-	-	-	-	-	-
[16]	4.046617e-	-	-	-	-	-	-	-
Values of teststatistic and critical values of test:								
	test	10pct	5pct	1pct				
r <= 7	2.9	7.52	9.24	12.97				
r <= 6	8.04	13.75	15.67	20.2				
r <= 5	11.67	19.77	22	26.81				
r <= 4	24.86	25.56	28.14	33.24				

r <= 3	26.57	31.66	34.4	39.79
r <= 2	39.79	37.45	40.3	46.82
r <= 1	83.23	43.25	46.45	51.91
r = 0	89.99	48.91	52	57.95

Eigenvectors, normalised to first column:  
(These are the cointegration relations)

El criterio de decisión para los *tests* de cointegración se basa en obtener un valor de Test menor al 90%, 95% o 99% de confianza según sea decidido. En este caso se toma en cuenta el 95% de confianza para la selección de cointegraciones según los tests.

Con referencia hacia ambos tests, se puede concluir que si se presentan cointegraciones dentro de las variables observadas. Para el primer test de cointegración mediante tipo "eigen" se presentan a menos 2 cointegraciones debido al criterio de decisión con un valor test 39.79 es menor al 95% 40.3.

Tabla 11

*Selección de variables co-integradas, tipo "eigen"*

	test	10pct	5pct	1pct
r <= 2	<b>39.79</b>	37.45	<b>40.3</b>	46.82

Tabla 12

*Test de Co-integración Johansen, Tipo "trace"*

### **Type: Trace**

Test type: trace statistic , without linear trend and constant in cointegration

Eigenvalues  
(lambda):

[1] 8.228026e-01 7.982332e-01 5.347111e-01 4.001174e-01 3.800081e-01 2.010621e-01 1.433079e-01 5.423873e-02  
[9] -  
4.046617e-16

Values of teststatistic and critical values of test:				
	test	10pct	5pct	1pct
r <= 7	2.9	7.52	9.24	12.97
r <= 6	10.94	17.85	19.96	24.6
r <= 5	22.62	32	34.91	41.07
r <= 4	47.47	49.65	53.12	60.16
r <= 3	74.05	71.86	76.07	84.45
r <= 2	113.83	97.18	102.14	111.01
r <= 1	197.07	126.58	131.7	143.09
r = 0	287.05	159.48	165.58	177.2

Eigenvectors, normalised to first column:  
(These are the cointegration relations)

Mientras tanto, con respecto al test de cointegración por medio de tipo “trace” se presentan al menos 3 variables cointegradas según el criterio de decisión del 95%. Obteniendo un valor de test 74.05 y valor de 95% de confianza de 76.07.

Tabla 13

*Selección de variables co-integradas, tipo "trace"*

	test	10pct	5pct	1pct
$r \leq 3$	<b>74.05</b>	71.86	<b>76.07</b>	84.45

En caso de existir co-integración no se puede realizar un modelo VAR por lo que se considera a que los datos deberían ser modelados por un modelo VECM sería lo más óptimo.

## Modelo VECM

Los modelos de vectores de corrección de errores fueron son una forma de vectores auto regresivos VAR introducidos por (Johansen S. , 1988) como una técnica estadística usada por macroeconomistas con el objetivo de caracterizar los comportamientos dinámicos que se puedan presentar entre un grupo de variables sin tener restricciones en relaciones que puedan identificarse con parámetros estructurales. En la actualidad son usados para modelación de series de tiempo.

A pesar de no poseer supuestos requeridos como en OLS para poder modelar, si son necesarios y si presentan mayor cantidad de supuestos y restricciones al momento de calcular funciones impulso respuesta (IRF) o descomposición de la varianza. Entre estos supuestos se establecen relaciones dinámicas entre las variables y su impacto hacia la otra con un dato auto regresivo (Johansen S. , 1988).

Para poder entender más a fondo los modelos Vectores de Corrección de Error (VECM) que son utilizados dentro de esta metodología, se tienen que entender más a fondo los modelos VAR (Johansen S. , 1995). Un modelo VAR contiene una cantidad de  $m$  variables, las cuales pueden ser expresadas mediante una función lineal de  $p$  rezagos o lags de la misma, y todas las otras  $m-1$  variables, adicionando un término de error. Adicionalmente se es posible la inclusión de variables exógenas tales como variables *dummy* estacionales, tendencias. Un modelo VAR de 2 variables puede ser observado de la siguiente forma.

$$y_t = B_{y0} + B_{yy1}y_{t-1} + \dots + B_{yyp}y_{t-p} + B_{yx1}x_{t-1} + \dots + B_{yxp}x_{1-p} + v_t^y$$

$$x_t = B_{x0} + B_{xy1}y_{t-1} + \dots + B_{xyp}y_{t-p} + B_{xx1}x_{t-1} + \dots + B_{xxp}x_{1-p} + v_t^x$$

Donde,  $B_{xyp}$  representa el coeficiente de  $y$  en la ecuación  $x$  en el lag  $p$ . Si se agregara otra variable al modelo se necesitaría crear otra ecuación  $z$  para esta incluyendo los rezagos necesarios para esta. El termino de error representa partes de  $y_t$  y  $x_t$  que no se encuentran relacionado a valores pasados de las 2 variables si no a las nuevas variables sin predecir, estas pueden crear movimientos en las otras variables para variables correlacionadas, o pueden crear relaciones causales entre ambas.

Sin embargo, correlación entre los términos de error de ambas ecuaciones dentro de un modelo VAR significa una mayor eficiencia dentro de regresiones no relacionadas (SUR) a diferencia de estimaciones de ecuaciones individuales por medio de OLS. Existe una excepción a esta regla, cuando tanto los estimadores de la ecuación SUR y OLS tienden a ser similares. De esta razón es por la cual se presentan los modelos VECM. Cuando existen co-integraciones dentro de las variables se ajusta el modelo VAR mediante la inclusión de co-integraciones que se pueden presentar dentro del modelo.

Cuando un VAR presenta co-integraciones, se utiliza un modelo VECM el cual es utilizado dentro del presente estudio. Modelo VECM se puede establecer de la siguiente manera:

$$\Delta y_t = B_{y0} + B_{yy1}\Delta y_{t-1} + \dots + B_{yyp}\Delta y_{t-p} + B_{yx1}\Delta x_{t-1} + \dots + B_{yxp}\Delta x_{1-p} - \lambda_x(y_{t-1} - a_0 - a_1x_{1-p}) + v_t^y$$

$$\Delta x_t = B_{x0} + B_{xy1}\Delta y_{t-1} + \dots + B_{xyp}\Delta y_{t-p} + B_{xx1}\Delta x_{t-1} + \dots + B_{xxp}\Delta x_{1-p} - \lambda_x(y_{t-1} - a_0 - a_1x_{1-p}) + v_t^x$$

donde  $y_t = a_0 - a_1x_t$  es la relación de co-integración a largo plazo entre ambas variables y  $\lambda$  son los parámetros de corrección de errores que miden la reacción entre las variables  $y$  y  $x$  con respecto a sus desviaciones para un equilibrio a largo plazo.

Debido a que los modelos VECM son utilizados dentro de análisis de series de tiempo se presentan como una gran alternativa para modelos predictivos de series temporales. Para poder pronosticar tanto las variables mediante las ecuaciones

dinámicas que esta posee para simular proyecciones continuas según su causalidad. Para esto se presentan tanto análisis de predicción y causalidades de Granger.

Para la estimación de modelos VECM, se presentan los siguientes supuestos. Se asumen las variables del modelo presentan estacionariedad y ergodic. Debido a que variables que individualmente son no estacionarias puede presentar co-integración entre ellas. Se realiza un modelo VECM si 2 o más variables pueden presentar tendencias estocásticas en común y se mueven de igual manera en el tiempo en un camino no estacionario.

Con esto en mente, en el presente estudio se va a estimar un modelo VECM según las variables ya mencionadas anteriormente.

Una vez establecidas las variables, obtenido la cantidad optima de lags, y el número de co-integraciones que presentan los datos se establece un modelo VECM (Hamilton, J. 1994; Juselius, 2006) el cual permite realizar un modelo de vectores auto regresivos con variables co-integrado. Debido a que todas las variables utilizadas dentro del estudio son endógenas se pueden establecer el siguiente modelo mediante ya las pruebas realizadas anteriormente.

Dentro de este caso, se establecen 2 modelos estimados por 2 diferentes estimadores. El primer modelo de VECM se puede estimar por medio de un enfoque de dos pasos OLS, o por medio de un enfoque Máxima verosimilitud de Johansen (ML). Se establecen estas diferencias según la cantidad de co-integraciones que puedan presentarse dentro de los datos. En este estudio, se presentan de 2 a 3 co-integraciones por lo tanto el modelo planteado se lo estima por medio de ML como mejor estimador.

Se establecen 2 co-integraciones dentro de la estimación del modelo, las cuales fueron obtenidas anteriormente mediante test de co-integración de Johansen mediante tipo "eigen". La cantidad de lags para el modelo se ajustó a 2 lags como lags óptimos debido a que en la prueba de selección de lags.

## VECM Mediante ML

Tabla 14

*Ecuación de corrección de error VECM*

Full sample size: 56 End sample size: 53

Number of variables: 8 Number of estimated slope parameters 152

AIC -3205.426 BIC -2882.298 SSR 9.334678

Cointegrating vector (estimated by ML):

	mora	desempleo	int	crecimiento_econ	crecimiento_pib	export	import	dummy
r1	1	-2.22E-16	-3.263455	0.33050332	0.8960047	-0.169719	-0.0840536	0.06985675
r2	0	1.00E+00	4.500849	-0.01743527	-0.2786024	0.1685902	0.07674623	-0.06891574

A continuación, se presenta dentro de la tabla 14 la ecuación de co-integración donde podemos observar las 2 co-integraciones utilizadas para la modelación de este. De la cual se puede interpretar de la siguiente manera. Debido a que la interpretación de esta se lleva a cabo de manera inversa a como se la observa. Por lo tanto, la variable de Mora o NPL es afectada de manera positiva por las variables de desempleo, tasa de interés y exportaciones en el largo plazo. Es decir, según el vector de co-integración que a medida que la tasa de desempleo aumente, de igual manera va a ser afectada NPL en el largo plazo, de esta manera es posible llegar a aceptar la hipótesis relacionada hacia la variable de desempleo planteada en la operacionabilidad de las variables. Tiene sentido según los diversos estudios relacionados a Stress test revisados dentro del marco referencial en cuanto a la significancia de la variable desempleo dado a que a mayor desempleo no se es posible generar ingresos dentro de las empresas por lo tanto su probabilidad de impago aumenta.

Continuando en el largo plazo de igual manera a medida de la tasa de interés aumenta esta afecta positivamente hacia la variable de NPL, de igual forma se corrobora la hipótesis planteada acerca de la variable tasa de interés. A medida que esta incrementa mayor cantidad de créditos son otorgados los cuales no son controlados y en el largo plazo una cantidad de estos generarían cartera improductiva lo cual me genera incremento dentro de los NPL. La variable de gasto público tiene un efecto negativo dentro del ratio de NPL, en el largo plazo mayor variación de gasto publico generaría menor cantidad de NPL, dentro de los estudios revisados presentan cierta caracterización acerca de estos debido a que existe mayor incentivo hacia adquisición de crédito y crecimiento económico lo cual conlleva a mayor cantidad de ingresos y por ende capacidad de pago para sus obligaciones bancarias.

El crecimiento de PIB de igual manera afecta negativamente hacia NPL con sentido al igual que el crecimiento que se conlleva debido a la variable de mayor gasto público, un crecimiento en el PIB me genera beneficios dentro del ámbito económico por lo cual las empresas generarían dentro de cambios en NPL. En cuanto a las variables de exportaciones e importaciones estas no son significantes dentro del modelo por lo que se va a observar dentro de la tabla 15. Con respecto a la variable dummy esta afecta de manera negativa en el largo plazo según las ecuaciones de co-integración.

Para poder obtener resultados donde la variable NPL es la variable objetivo y observar la velocidad en cuanto los términos de error puedan ajustarse hacia las predicciones se explicará mediante la tabla 15 la cual, nos permite observar las diferentes ecuaciones simultaneas donde se presentan las variables objetivas.

Tabla 15

*Modelos Dinámicos VECM*

	Equation mora	Equation desempleo	Equation int	crecimiento_econ	Equation crecimiento_pib	Equation export	Equation import	Equation dummy
ECT1	-0.2137(0.0475)***	-0.0876(0.0918)	-0.0429(0.1316)	-0.0038(0.0573)	-1.5575(0.3633)***	-2.4161(1.9803)	-2.2813(2.5378)	-1.7565(8.8604)
ECT2	-0.2251(0.0472)***	-0.1655(0.0911)	-0.1172(0.1306)	-0.0033(0.0568)	-1.2227(0.3606)**	-3.3520(1.9658)	-3.7349(2.5192)	5.0307(8.7955)
Intercept	0.0554(0.0120)***	0.0518(0.0232)*	0.0408(0.0333)	0.0016(0.0145)	0.2353(0.0918)*	0.9318(0.5005)	1.1182(0.6414)	-2.3826(2.2394)
mora -1	-0.6435(0.1365)***	-0.0777(0.2636)	-0.2043(0.3778)	0.1995(0.1644)	-1.3759(1.0430)	-10.2531(5.6860)	-25.0183(7.2868)**	20.5020(25.4407)
desempleo -1	0.1846(0.0819)*	-0.2745(0.1581)	0.2039(0.2266)	0.0129(0.0986)	0.4575(0.6256)	2.1586(3.4107)	0.1081(4.3709)	-8.5720(15.2604)
int -1	0.1906(0.0846)*	0.2868(0.1634)	-0.4633(0.2342)	-0.0023(0.1019)	0.4123(0.6465)	5.9134(3.5242)	8.3842(4.5164)	-5.3361(15.7685)
crecimiento_econ -1	0.0923(0.1511)	-0.1432(0.2918)	0.4700(0.4183)	-0.0193(0.1820)	0.5820(1.1546)	14.0231(6.2944)*	1.1250(8.0665)	10.8216(28.1629)
crecimiento_pib -1	0.0945(0.0290)**	0.0843(0.0560)	-0.0185(0.0803)	-0.0156(0.0349)	0.4809(0.2217)*	-1.0538(1.2084)	3.7836(1.5487)*	-2.9531(5.4069)
export -1	0.0051(0.0041)	-0.0037(0.0078)	0.0211(0.0112)	-0.0011(0.0049)	-0.0195(0.0310)	-0.2641(0.1690)	0.0443(0.2165)	-0.0326(0.7560)
import -1	0.0027(0.0032)	0.0054(0.0062)	-0.0245(0.0089)**	-0.0007(0.0039)	-0.0057(0.0245)	-0.1334(0.1336)	-0.3202(0.1712)	-0.0193(0.5978)
dummy -1	0.0017(0.0011)	-0.0042(0.0021)	-0.0053(0.0031)	8e-05(0.0013)	0.0120(0.0085)	-0.0429(0.0461)	-0.0052(0.0591)	-0.2909(0.2062)
mora -2	-0.1541(0.1194)	-0.1777(0.2306)	-0.4352(0.3306)	0.1695(0.1439)	-1.0465(0.9127)	-7.4910(4.9757)	-12.3839(6.3765)	-19.1806(22.2628)
desempleo -2	-0.0289(0.0875)	0.2005(0.1690)	-0.2301(0.2423)	-0.0677(0.1054)	0.5558(0.6688)	3.7756(3.6457)	6.8674(4.6721)	9.0685(16.3120)
int -2	0.0293(0.0622)	0.2016(0.1202)	-0.1476(0.1722)	0.0696(0.0749)	-0.1273(0.4755)	2.0905(2.5921)	2.6968(3.3218)	-1.2907(11.5977)
crecimiento_econ -2	-0.1743(0.1636)	0.4447(0.3160)	-1.0255(0.4531)*	-0.0420(0.1971)	-0.8056(1.2507)	3.2402(6.8180)	8.7861(8.7374)	34.0199(30.5056)
crecimiento_pib -2	0.0539(0.0295)	0.0320(0.0570)	0.0138(0.0817)	-0.0343(0.0356)	0.1119(0.2257)	0.5072(1.2302)	0.8318(1.5765)	11.6485(5.5043)*
export -2	0.0040(0.0028)	0.0056(0.0054)	-0.0012(0.0078)	0.0014(0.0034)	-0.0568(0.0215)*	-0.3801(0.1173)**	0.0589(0.1503)	-0.1260(0.5247)
import -2	0.0062(0.0032)	-0.0042(0.0061)	-0.0041(0.0088)	-0.0009(0.0038)	0.0239(0.0243)	0.0273(0.1323)	-0.4152(0.1695)*	0.0171(0.5917)
dummy -2	0.0009(0.0009)	-0.0032(0.0018)	-0.0021(0.0025)	0.0002(0.0011)	0.0087(0.0070)	0.0245(0.0379)	0.0262(0.0486)	-0.1020(0.1698)

Debido a la naturaleza del estudio, el enfoque se presenta de la ecuación obtenida para los NPL, de la cual podemos extraer los siguientes resultados. Empezando por los términos de ajuste ETC1 y ETC2 o términos de ajuste de error, estos son estadísticamente significativos a un nivel de confianza de 99% y al mismo tiempo sugieren que los errores de previos trimestres 1 y 2 respectivamente, se ajusta a la siguiente velocidad. Para ETC1 el término de error se ajusta a una velocidad de 21.37% para el primer trimestre anterior mientras que para ETC2 se obtiene una velocidad de ajuste de 22.51% a pesar de que ambos coeficientes tengan si por lo que existe causalidades a largo plazo según los términos de ajuste de error.

Continuando con el resto de las variables, se presentan significancia para la ecuación de NPL causalidades de corto plazo con respecto a la misma variable rezagada a un solo trimestre en un valor de -0.6435, pero de ambos rezagos generados de solo a un rezago se considera causalidad de corto plazo para un periodo.

La variable de desempleo es significativa al 95% de confianza en el corto plazo a un solo rezago con respecto a NPL con un coeficiente de 0.1846 especificando que existen causalidades de corto plazo dentro de la variable desempleo y NPL por lo que el desempleo puede afectar al movimiento de NPL en un corto plazo, así como también en un largo plazo según la ecuación de co-integración.

La siguiente variable que presenta significancia al 95% de confianza en relación con causalidades de corto plazo es la variable de tasa de interés, la cual a un lag presenta como causalidad a corto plazo mas no a 2. Se encuentra con un coeficiente 0.1906 afectando positivamente NPL en el corto plazo. Nuevamente aceptando la hipótesis planteada dentro de la operacionalidad de las variables explicadas anteriormente.

Como último, se presenta significativa al 99% la variable PIB creando una causalidad de corto plazo en un solo rezago, con un coeficiente equivalente a 0.0945. Esta es una de las variables que, a pesar de crear una relación inversa a largo plazo, a corto plazo se observa con una relación positiva. Puede darse dado a un incremento de gasto público durante los periodos estudiados lo cual genero un incremento dentro del PIB por lo que el crecimiento económico se ve reflejado gracias a un aumento de gasto mas no a un incremento dentro de la capacidad productiva del país dando a si en el

corto plazo mayor deuda impagable. A pesar de todo, el modelo si es apto para pronósticos.

## Pruebas del modelo

Debido al tipo de modelo y la especificación VECM no se pueden realizar pruebas sobre el modelo VECM dado a que las pruebas para este se consideran para uso exclusivo de modelos VAR. De tal manera que, para establecer los diferentes test, se es necesario pasar la función obtenida VECM a un modelo VAR especificado con  $r=2$  según se lo obtiene por medio de test de cointegración de Johansen (Johansen S. , 1995).

Para esto se utiliza el comando en R VEC2VAR el cual permite la transformación de un modelo especificado como VECM a VAR según la matriz de cointegraciones y el número de cointegraciones utilizadas dentro del modelo VECM. Se obtienen las siguientes matrices de coeficientes según sus rezagos.

Tabla 16

*Matriz de Coeficientes VEC2VAR*

Coefficient matrix of deterministic regressor(s).	
Variables	constant
mora	0.006950257
desempleo	0.03800243
int	0.072035828
crecimiento_econ	-0.000687576
crecimiento_pib	0.551641386
export	1.445262474
import	1.177111035
dummy	-2.947206958
int	0.072035828
crecimiento_econ	-0.000687576
crecimiento_pib	0.551641386
export	1.445262474
import	1.177111035
dummy	-2.947206958

dentro de la tabla 15 se pueden observar los coeficientes establecidos para la matriz de regresores determinísticos para la estimación del modelo VAR según las restricciones de un modelo VECM. Los diferentes indicadores presentan relaciones similares al modelo VECM especificado anteriormente con el cual se van a realizar proyecciones y modelación de escenarios. Dentro del Anexo C Se pueden observar los

diferentes lags para la matriz de variables endógenas. Con esto se procede a realizar las diferentes pruebas para validación del modelo.

## Pruebas de auto correlación

Una vez obtenido el modelo VECM, se procede a realizar diferentes pruebas para establecer si es apto o no para poder ser tratado como un modelo predictivo. Dentro de estas se presenta pruebas de auto correlación para establecer que no existan datos que presentan problemas dentro del modelo y este no se encuentre con problemas de auto correlación entre las variables.

Para la prueba de auto correlación se usa el test de Portmanteau (Breusch, 1978) para probar la existencia de variables correlacionadas. El mismo se utiliza para corroborar presencia de auto correlación dentro de modelos VAR estables. Debido a la cantidad de datos de 58, se toma en consideración el tipo de test “PT. asymptotic” el cual es utilizado para muestras pequeñas.

Las siguientes Hipótesis son probadas dentro del test:

H0:  $B_1=B_0=B_h=0$

H1: Existe presencia de auto correlación

Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17

*Test Portmanteau*

Portmanteau Test (asymptotic)
data: Residuals of VAR object stress_var
Chi-squared = 833.31,   df = 776,   p-value = 0.07533

Dentro de la tabla 15 se puede observar los siguientes resultados con respecto al test de Portmanteau, Se obtiene un valor de chi-cuadrado equivalente a 833.31, se presentan 776 grados de libertad dentro del test, y por último se obtiene un p-value superior a 0.05 lo cual permite especificar que el modelo no tiene presencia de auto correlación dentro del modelo según un nivel de confianza de 95%. Lo cual es una buena señal de la capacidad que predictiva que puede tener el modelo.

## Pruebas de heterocedasticidad o efectos GARCH

Con el modelo ya especificado se necesitan realizar pruebas de heterocedasticidad dentro del modelo para evitar problemas dentro de la especificación

de las variables del modelo. Siendo un modelo de series temporales se espera no poseer heterocedasticidad dentro del modelo dada la naturaleza de los datos.

Para la prueba de Heterocedasticidad, se realiza mediante un test ARCH específico para modelos VAR. El cual viene especificado según una regresión ARCH utilizando las variables endógenas utilizadas dentro del modelo. Según esto se obtienen los diferentes estimadores:

Tabla 18

*Test ARCH*

ARCH (multivariate)
data: Residuals of VAR object stress_var
Chi-squared = 1332, df = 19440, p-value = 1

De la tabla 17 se pueden obtener probar las siguientes hipótesis dentro del test.

H0: Presencia de Heterocedasticidad dentro del modelo

H1: No existe Heterocedasticidad dentro del modelo

Según los resultados se obtienen un chi-cuadrado equivalente a 1332, con grados de libertad de 19440, y un *p-value* equivalente a 1 lo cual es superior al 0.05 por lo que se puede rechazar la H0 de presencia de heterocedasticidad dentro del modelo con un nivel de confianza del 95%. Como se menciona anteriormente, el resultado del test era de esperarse debido a la serie con la que se trabaja el modelo de stress test.

## **Pruebas de Normalidad de Residuos**

La última prueba por realizar para el modelo es verificar si existe normalidad en los residuos del modelo para poder conocer de ultima forma si es apto o no para poder realizar pronósticos. Para esto se utilizaron 3 diferentes test de normalidad para la corroboración de los modelos VECM. De acuerdo a los resultados del test se puede proceder a la realización de pronósticos.

En primera instancia se realiza test multivariado de Jarque-Bera (Jarque & Bera, 1987) aplicado para los residuos del modelo VECM. Este es calculado por medio del uso de residuos estandarizados por medio de descomposición de Choleski de la matriz de varianza y covarianza. El resultado del test depende mucho del orden de las variables como están seleccionadas.

Tabla 19

*Jarque-Bera Test*

JB-Test (multivariate)
data: Residuals of VAR object stress_var
Chi-squared = 29.259, df = 16, p-value = 0.02225

Se observan los resultados para el primer test de normalidad de Jarque-Bera, se puede observar un Chi-cuadrado equivalente a 29.259, utilizando 16 grados de libertad y con esto se puede obtener un p-value = 0.022 el cual es inferior al 0.05 por lo cual en este caso se acepta la H0 y se puede decir que los errores no se distribuyen de manera normal con un 95% de confianza.

A pesar de esto se procede a realizar la segunda prueba de normalidad de residuos. Mediante la prueba multivariada de Skewness la cual de igual forma permite corroborar la H0 sobre comportamiento normal de los errores. Se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 20

*Skewness Test*

Skewness only (multivariate)
data: Residuals of VAR object stress_var
Chi-squared = 11.552, df = 8, p-value = 0.1723

Mediante la prueba de Skewness (Hamilton, 1994) se obtienen los siguientes resultados. Se estima un chi-cuadrado con un valor de 11.55, 8 grados de libertad se obtiene un p-value equivalente 0.1723 valor superior a 0.05 por lo tanto se puede rechazar la H0 y se puede establecer que los residuos se comportan de manera normal con un 95% de confianza. A pesar de que falla en el primer test, el modelo si es aceptable para pronósticos.

Se establece un último test de normalidad de Kurtosis para poder establecer como normalidad de residuos. Dentro de este se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 21

*Kurtosis Test*

Kurtosis only (multivariate)
data: Residuals of VAR object stress_var
Chi-squared = 17.706, df = 8, p-value = 0.02354

Como se puede observar dentro de la tabla 20, se obtiene un valor p-value inferior a 0.05 por lo tanto el modelo no presenta normalidad dentro de los residuos. A pesar de esto, 1 de las 3 pruebas si fue satisfactoria por lo tanto se establece que el modelo puede no especificarse de mejor manera debido a ciertos datos que tal vez no presenten normalidad. Pese a eso se establece que el modelo si apto para realizar pronósticos, a pesar de pasar solo 1 de 3 pruebas de normalidad.

## Impulso Respuesta

Una vez establecido el modelo y haber pasado por las diferentes pruebas de auto correlación, heterocedasticidad y normalidad de residuos se pueden establecer tanto pronósticos como impulsos respuestas que el modelo VECM puede establecer para cada una de las variables. Debido a que el estudio se enfoca en los NPL para el segmento de créditos comercial del sistema financiero ecuatoriano, se establecen impulsos respuestas de todas las variables presentes dentro del modelo a pesar de que no presenten significancia dentro del modelo tal como se lo ha explorado en estudios como los de (poner estudios) los cuales a pesar de no ser significativa dentro de las variables presentan que el modelo.

El impulso respuesta mide los efectos marginales dinámicos de cada shock dentro de todas las variables durante un periodo de tiempo (Johansen S. , 1988). Estas son calculadas según la identificación de supuestos que pueden guiar hacia diferentes conclusiones. Su generalización matemática proviene del siguiente modelo:

Sea un modelo VAR con lags de orden p para una variable n se puede escribir el modelo de la siguiente manera.

$$y_t = B_{y0} + B_{yy1}y_{t-1} + \dots + B_{yyp}y_{t-p} + B_{yx1}x_{t-1} + \dots + B_{yxp}x_{1-p} + v_t^y$$

$$x_t = B_{x0} + B_{xy1}y_{t-1} + \dots + B_{xyp}y_{t-p} + B_{xx1}x_{t-1} + \dots + B_{xxp}x_{1-p} + v_t^x$$

Se asume que dentro del modelo se identifican restricciones, tanto por orden o asumir casualidades temporales se puede identificar que se pueden generar shocks para el modelo VAR según los términos de error. Por lo tanto, la función impulso respuesta contiene una matriz n x n de un numero especifico de efectos marginales dinámicos que pueden establecer shocks entre variables.

$$\frac{\delta y_{t+s}^i}{\delta e_t^j}, s = 0,1,2, \dots$$

Se denota que no existe un límite hacia cuanto pueden estimarse a futuro los impulsos respuestas, si se establece un modelo estable entonces teóricamente los impulsos respuestas pueden converger dentro del periodo 0. Cuando los impulso respuestas no convergen es decir que los indicadores dentro del modelo VAR no contienen estacionariedad por lo que el modelo es corregido por primeras diferencias.

A pesar de esto, tal como se ha mencionado antes los modelos VAR y VECM son usados para representar modelos macroeconómicos y ciertas veces no se presentan con sentido económico los impulso respuesta.

Con esto en mente, dentro del modelo se presentan los siguientes impulsos respuestas de las variables exploratorias para el modelo de NPL.

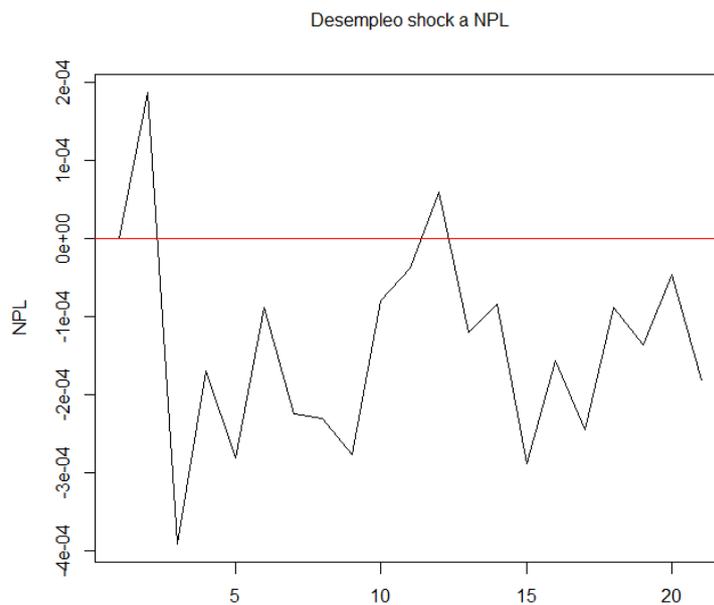


Figura 4 Desempleo Shock a NPL

Como primera variable junto con su impulso respuesta se presenta el desempleo, variable que se presenta significativa dentro del modelo. A pesar de esto vemos que en los primeros periodos de shock ante la variable NPL esta presenta un shock positivo contra esta. Esto se debe a su signo obtenido dentro de la regresión. A pesar de esto en proyecciones superiores a los primeros 4 periodos se presenta en un impacto negativo hacia NPL si se estresa. Esto es debido a una proyección de las variables de desempleo dentro del modelo que se proyectan en disminución con

respecto a la base historia. Pese a esto si se pueden observar los shocks que aumentan tienen mayor prevalencia dentro de los NPL. Esto quiere decir que a medida que se presenta un aumento de desempleo en el país, llevaría a cabo a un aumento de NPL dentro del segmento de créditos comercial.

El desempleo tiene gran importancia dentro de los NPL debido a su comportamiento y relación positiva en el impacto que este trae. Es una variable apta par a poder ser estresada y observar los cambios que esta trae hacia los NPL estresados. A pesar de en ciertos periodos proyectados se presentan shocks que superan la línea 0. NPL si presentan variaciones debido a tasa de desempleo ecuatoriana.

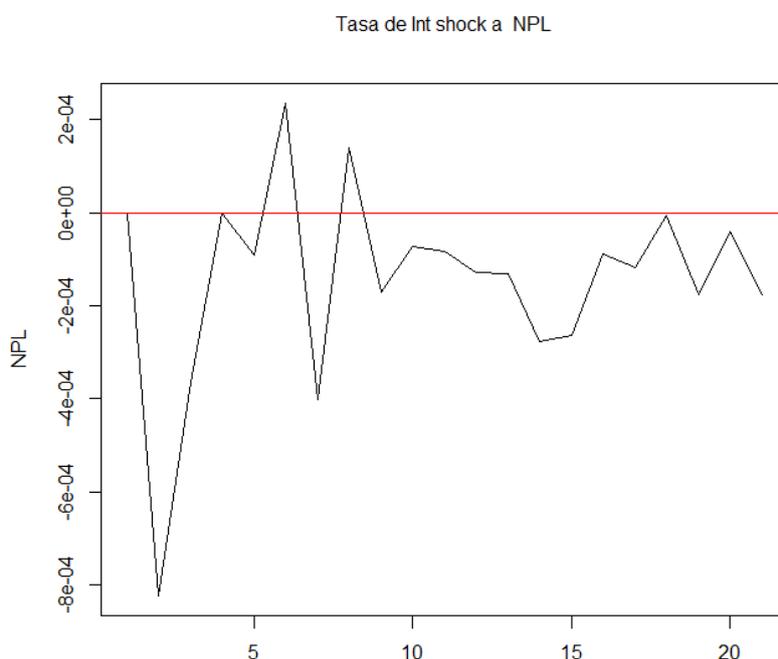


Figura 5 Tasa de Interés shock a NPL

Como siguiente variable se presenta tasa de interés y su shock hacia los NPL. Tendencia parecía a tasa de morosidad, esta presenta significancia dentro del modelo. Su impacto está muy definido a un aumento de tasa de interés aumento de morosidad. Sin embargo, dentro de los periodos proyectados para la realización de los shocks de impulso respuesta hacia los NPL esta se presenta un poco constante, dado a la naturaleza de su comportamiento tiene poca variación durante los periodos analizados. Se puede contradecir un poco dado a que cuando existe un movimiento dentro de la tasa de intereses esta tiende a aumentar los NPL si existen variaciones positivas. es por eso que existen diversos shocks que, a pesar de ser negativos al inicio, tienden a tener un crecimiento exagerado debido a la naturaleza de la relación entre tasa de interés

activa y otorgamiento de crédito lo cual se ve reflejado después de 1 trimestre según modelo.

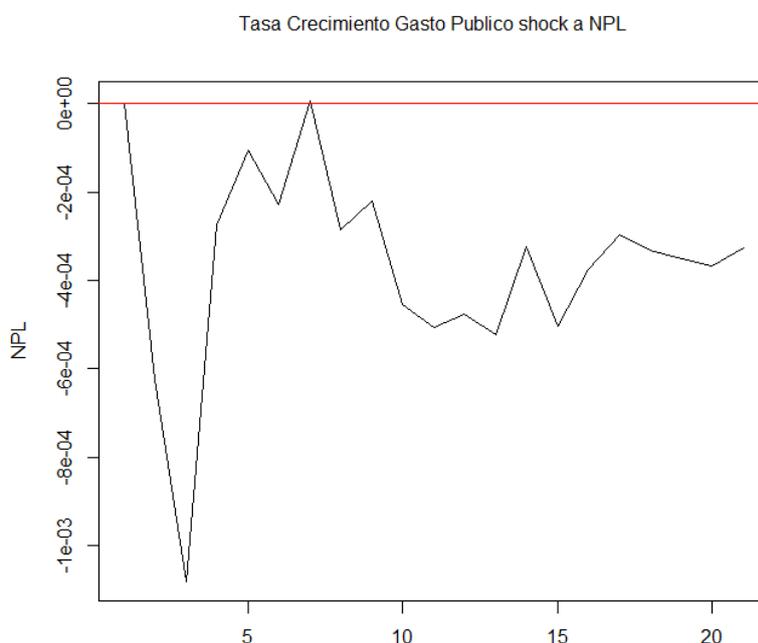


Figura 6 Ratio Gasto Publico shock a NPL

Como variable siguiente se presenta tasa de crecimiento de gasto público, como se mencionó anteriormente esta es una de las variables que no ha sido usada dentro de los estudios revisados, pero si mantiene relación hacia el riesgo crediticio y economías con mayor potencia en política fiscal tal como lo es Ecuador. Dentro del modelo esta no se presenta significativa, pero en cuanto a impulsos respuesta si mantiene significancia tal como se la esperaba según literatura revisada. A pesar de mostrar shocks negativos dentro de la morosidad debido a una gran inversión de parte del gobierno se genera una reactivación económica por medio de créditos, el segmento de créditos comercial al ser uno de los más grandes dentro del sistema financiero se presenta con disminuciones dentro de la tasa de morosidad. Durante ciertos periodos y se ve reflejado en la función impulso respuesta como este disminuye en la primera proyección a corto plazo de 1 año, pero se ve reflejado que mientras mayor pasa el tiempo estos créditos otorgados muestran tendencias crecientes es decir hay probabilidades de impago por créditos otorgados en un auge económico con mayor gasto público del gobierno conforme pasa el tiempo si este mantiene crecimiento del gasto público. Dentro de la economía ecuatoriana, el gasto público puede ser una

variable muy útil para poder determinar shocks dentro de los NPL dado a que este tiende a ser destinado para reactivación económica según impulso respuesta.

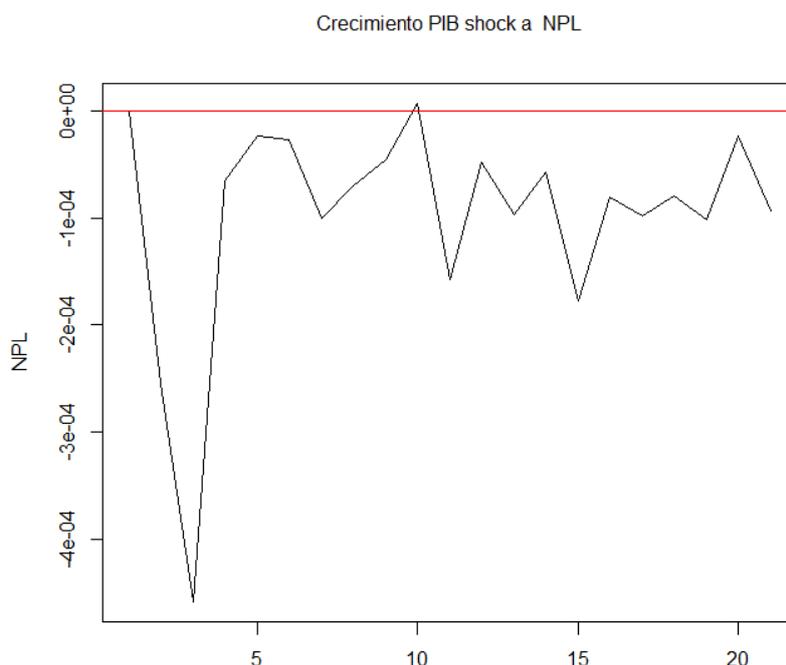


Figura 7 PIB shock a NPL

El crecimiento del PIB presenta disminuciones en lo que corresponde a shocks dentro de NPL. Pero solo en el corto plazo, a largo plazo las relaciones se empiezan a ajustar a un nivel cíclico. Según el estado económico del país existe mayor necesidad de inversión por lo que existiría mayor prestación de créditos lo cual puede conllevar a nuevos créditos otorgados cuya cartera improductiva no se vea reflejada hasta que sean en ciclos pésimos económicos. Es por esta razón la cual tiene un comportamiento un poco similar al indicador de gasto público. No obstante, el crecimiento del PIB si se presenta significativo dentro del modelo analizado y por ende es una variable con bastante influencia dentro de shocks que puedan existir dentro de NPL. A pesar de que la relación a largo plazo se aplane esto puede ser debido a la co-integración que puede presentar las variables de morosidad y crecimiento de PIB el movimiento de ambas se alinea con la otra y crecen al mismo ritmo o disminuyen al mismo ritmo. Por lo cual es un gran indicador para poder generar tanto simulaciones como ejercicios de stress para saber el movimiento del indicador de NPL.

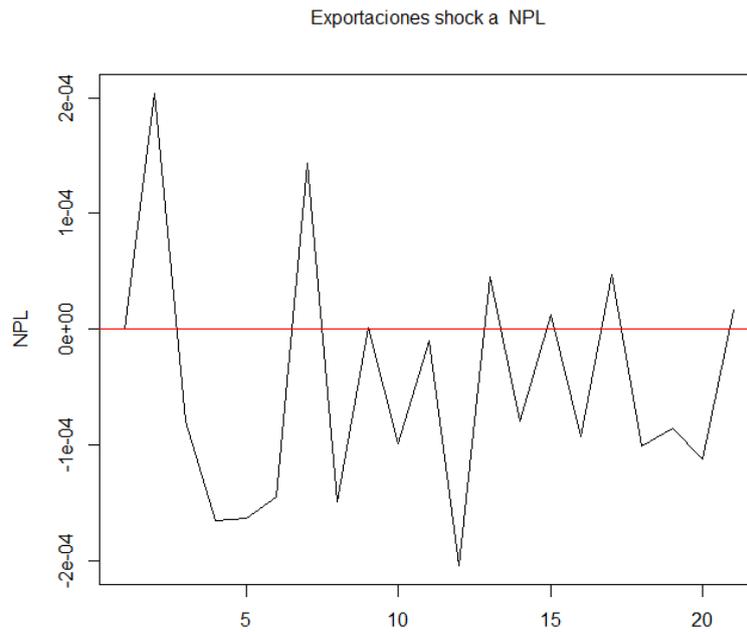


Figura 8 Exportaciones shock a NPL

Las exportaciones no se presentan de gran significancia dentro del impulso respuesta hacia NPL, esto se puede observar por la variación que esta pose con gran varianza dentro del impulso respuesta.

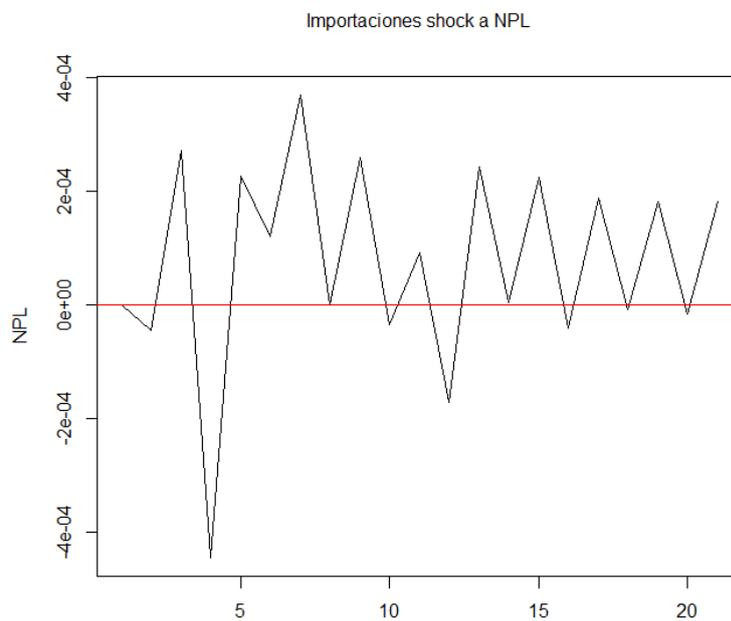


Figura 9 Importaciones shock a NPL

Al igual que las importaciones, esta no presenta significancia dentro del impulso respuesta para cambios dentro del sistema financiero debido a su cercanía con 0 y su volatilidad.

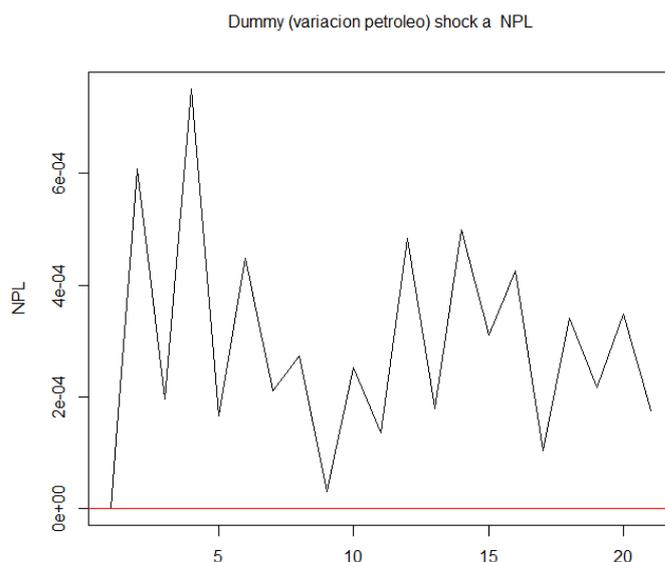


Figura 10 Dummy Petróleo shock a NPL

La variable dummy presenta significancia dentro del impulso respuesta de morosidad sin embargo es una tendencia muy volátil.

### Descomposición de la varianza

Al igual que los impulso respuesta, la descomposición de la varianza es un aspecto importante dentro de los modelos VECM y VAR. Para saber si se presentan los resultados del modelo óptimos esta tiene que disminuir con respecto el tiempo. Se hace una proyección de 10 trimestres para observar los cambios en cuanto a la descomposición de la varianza dentro de estos. Se presentan los siguientes resultados.

Tabla 22

Descomposición de la Varianza 1

Descomposición de la Varianza				
	mora	desempleo	int	Gasto Publico
[1,]	1.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
[2,]	0.7803302	0.004865615	0.09419664	0.05412641
[3,]	0.7047568	0.016494951	0.07110115	0.13678212
[4,]	0.7099299	0.014730795	0.05512315	0.11121866
[5,]	0.7573392	0.016029005	0.04444869	0.08938934
[6,]	0.7707857	0.014405796	0.04155114	0.08077193
[7,]	0.7851829	0.014485783	0.04236184	0.06959965
[8,]	0.7842703	0.015949782	0.04130908	0.06986966
[9,]	0.7925257	0.017516667	0.03922822	0.06631883
[10,]	0.788889	0.017181626	0.03816885	0.07143167

Para poder saber si los impulsos respuesta se encuentra mejores debido a los pronósticos se tienen que realizar pruebas de descomposición de la varianza, mientras

esta disminuye conforme el periodo aumenta, se puede establecer una mejor relación entre las variables y su proyección a futuro. Dentro de la tabla 21, se puede observar las primeras 4 variables dentro del modelo. Comenzando por la variable de morosidad, o conocida como NPL. Se presentan en constante decrecimiento conforme los primeros 5 periodos proyectados, después de estos se observan variaciones durante el resto de los periodos, en pequeñas fluctuaciones de incrementos y disminuciones.

En cuanto a las demás variables, la variable de desempleo presenta un aumento durante los 2 periodos, a pesar de esto se presentan disminuciones durante el resto de los periodos y permanecen en un ritmo fluctuante con el tiempo se presentan disminuciones, por lo cual se establece que la variable desempleo si presenta una descomposición de la varianza un poco aceptable.

Con respecto a la variable tasa de interés a pesar de que los 2 primeros periodos proyectados existen incrementos, después de estos se puede observar una disminución constante a futuro por lo tanto se puede asegurar que la variable presenta buena corrección de error dentro del modelo. Por lo tanto, efectos que puedan ocurrir con la variable de tasa de interés presenta buenos horizontes para predicciones.

Continuando con la variable Gasto Publico, esta presenta una varianza creciente durante los 4 primeros periodos proyectados según la descomposición de la varianza, a pesar de esto a partir del 5 periodo esta comienza a disminuir por lo tanto el resto de los periodos a futuro se puede asegurar que, si existen buena relación para pronósticos a largo plazo, a pesar de que no sea el mejor indicador.

Tabla 23

*Descomposición de la Varianza 2*

<b>Descomposición de la Varianza</b>				
	crecimiento_pib	export	import	dummy
[1,]	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
[2,]	0.00895006	0.005772774	0.000281603	0.05147665
[3,]	0.02410395	0.004197829	0.006674441	0.03588873
[4,]	0.01897583	0.005109494	0.018678106	0.06623411
[5,]	0.01517748	0.005515157	0.017716372	0.05438475
[6,]	0.01332184	0.005817548	0.016204909	0.05714114
[7,]	0.01188777	0.005857991	0.019563385	0.05106067
[8,]	0.01157449	0.006470341	0.018731785	0.05182453
[9,]	0.01077002	0.005979501	0.019736417	0.0479246
[10,]	0.01042835	0.006130337	0.019148849	0.04862128

Dentro de la tabla 22 se encuentran las variables restantes, PIB la cual es medida por tasa de crecimiento trimestral presenta una descomposición de varianza decreciente desde el tercer periodo proyectado. Por lo cual al igual que el resto de variable que presenta comportamientos similares, se establece que las predicciones e impulsos que se puedan generar con la variable de PIB se encuentran con una buena corrección de error. Por lo tanto, aumentan el horizonte que puedan predecir las variables.

Se pueden describir tanto la variable importaciones y exportaciones como aquellas que no aportan tanto significancia dentro del modelo como al mismo tiempo no presentan buenos indicadores para agrandar el horizonte de pronóstico. Según su descomposición de varianza este a diferencia de disminuir se presentan aumentos por lo tanto no son variables que puedan aportar hacia la extensión del horizonte de predicción para las demás variables. De igual manera se las deja dentro del modelo por razones ya explicadas anteriormente.

Y para finalizar la variable a pesar de ser una variable binaria esta no presenta una descomposición de la varianza de manera decreciente constante. Se presenta con fluctuaciones durante los periodos pronosticados por lo que se la puede tomar como una variable que no ayuda hacia la expansión del horizonte de pronóstico del modelo. Pero es de esperarse debido a la naturaleza de la variable y su creación. Cabe recalcar que a pesar de que no se presenten todas las variables con una descomposición de varianza apta para expandir el horizonte predictivo del modelo, este en su gran mayoría presenta buenos resultados por lo cual si puede ser utilizado para realizar pronósticos.

## **Pronósticos**

Una vez revisadas tanta descomposición de varianza se y funciones impulso respuesta, se establece que el modelo si se presenta apto para ser utilizado como herramienta predictiva. La mayor parte del uso de modelos VECM o VAR son con el objetivo de crear un modelo estable para predicción de datos, así como también observar escenarios que puedan suceder dentro del horizonte pronosticado como dentro de la muestra.

Para este caso se presenta una proyección de los siguientes 2 años o 8 trimestres correspondientes desde el primer trimestre de 2020 hacia el cuarto trimestre del 2021. Con estos resultados se planean observar tanto los valores para establecer el escenario

base. Dentro del siguiente grafico se puede observar la serie de NPL junto a su proyección base y los intervalos de confianza al 95% de la variable.

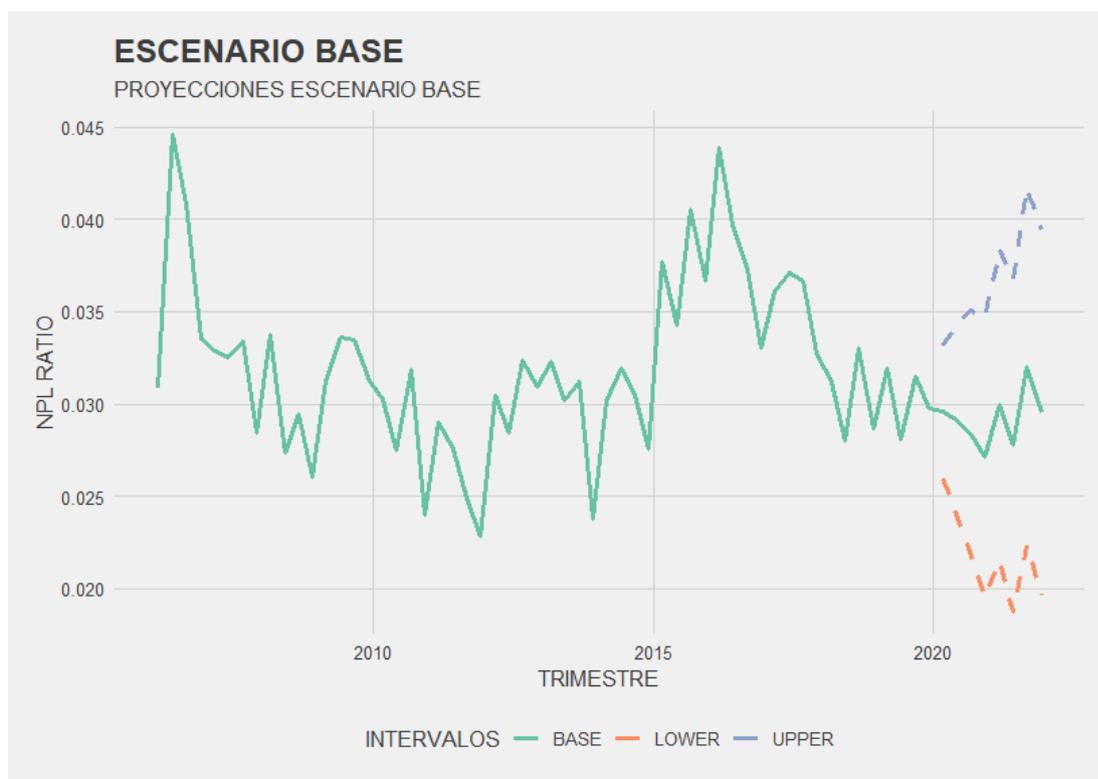


Figura 11 Proyección Base

Tabla 24

Forecast Modelo Base

<b>Proyección Base</b>				
	<b>Forecast</b>	<b>lower</b>	<b>upper</b>	<b>CI</b>
<b>Mar-20</b>	2.96%	2.60%	3.31%	0.36%
<b>Jun-20</b>	2.91%	2.38%	3.43%	0.53%
<b>Sep-20</b>	2.84%	2.18%	3.51%	0.66%
<b>Dec-20</b>	2.71%	1.96%	3.46%	0.75%
<b>Mar-21</b>	3.00%	2.15%	3.84%	0.84%
<b>Jun-21</b>	2.78%	1.88%	3.68%	0.90%
<b>Sep-21</b>	3.20%	2.23%	4.17%	0.97%
<b>Dec-21</b>	2.95%	1.96%	3.94%	0.99%

Dentro de la tabla 23, se pueden observar los datos obtenidos por la función de predicción hacia los próximos 2 años o 8 trimestres. Dado a que la serie actual presenta valores medios no superiores al 3.5% de ratio de NPL, se puede establecer que para los periodos siguientes se tiene un rango de NPL entre 2.78% y 3.20% como valores

mínimos y máximos que pueden presentarse. Las proyecciones presentan los supuestos de igual manejo de cartera, así como crecimiento normal del resto de variables que puedan afectar a la ratio de NPL.

Cabe destacar dentro de los valores proyectados, se observa una tendencia estacional para los diferentes trimestres. Esta es similar hacia la tendencia que se presenta dentro de la variable sin cambios estacionales. Para los datos dentro de la muestra, estos mantienen siempre una tendencia de disminución de ratio de NPL para el último trimestre del año y un aumento para el primero. Esta tendencia también se observa dentro de la proyección obtenida. Destacando los valores de diciembre 2020 como valor más bajo dentro del primer año proyectado y el valor más alto se encuentra dentro del primer trimestre del año.

Con respecto al segundo año proyectado este tiene una tendencia similar, el modelo si se presenta ajustado a la realidad por lo que las estimaciones si pueden ser utilizadas para evaluación de escenarios si este sea el caso del uso. Se mantienen intervalos de confianza de 95% entre nivel aceptable según datos históricos. Pero sobre todo el modelo presenta buenos pronósticos para NPL dentro del segmento de créditos comercial del sistema financiero ecuatoriano.

## **Construcción de Escenarios**

Tal como se ha especificado, se crean diferentes escenarios para poder establecer una estimación de escenarios que puedan suceder dentro del sistema financiero y su impacto dentro del indicador de NPL para el segmento de créditos comercial del Ecuador. Para este punto se consideran 3 tipos de escenarios, los cuales se encuentran descritos en la siguiente tabla. Cabe recalcar que estos escenarios se basan en supuestos históricos. Los escenarios son calculados por medio de proyecciones de la ecuación VECM junto con simulaciones Monte Carlo para proyección con un total de 8000 iteraciones utilizadas.

1. Escenario Base: El escenario base se toma en torno a las variables proyectadas tanto por el modelo como los cambios que están tienen dentro de las otras. Por esta razón se lo toma como escenario base debido a que es la proyección de NPL tal como se da según el modelo VECM obtenido.

2. Escenario Optimista: El escenario optimista se basa en cambios simultáneos dentro de las variables macroeconómicas que son significativas dentro del modelo y presentan impactos respuestas significativos. De esta manera se pueden observar hacia cambios positivos dentro del ámbito económico. Tomando en cuenta la relación que se generaría hacia el indicador NPL.
3. Escenario Pesimista: El escenario pesimista se crea en base hacia una proyección de datos macroeconómicos que generarían el peor caso dentro de la economía ecuatoriana según datos históricos. Se espera un resultado pésimo hacia los cambios de NPL para poder obtener el máximo nivel de NPL que pueda enfrentarse el país.

Los diferentes escenarios se presentan según el siguiente cuadro definido de las variables y cambios realizados dentro de estas. Según las variables macroeconómicas que presentan significancia dentro de los resultados del modelo e impulso respuesta.

Tabla 25

*Escenarios*

Variables Macroeconómicas	Escenario optimista		Escenario Pesimista	
	1q 2020	4q 2020	1q 2020	4q 2020
<b>Tasa de desempleo</b>	Variación 1% con respecto al último trimestre 2019	Variación de -2% con respecto al tercer trimestre 2020	Variación 6% con respecto al último trimestre 2019	Variación de 3% con respecto tercer trimestre 2020
<b>Tasa de interés</b>	sin cambios	Tasa de interés 8.5%	Aumento de la tasa de interés activa (9.2%)	Tasa de interés activa (10%)
<b>Crecimiento de PIB</b>	Crecimiento económico según datos (3.3%)	sin cambios	Crecimiento económico de 2%	Crecimiento económico de 0.35%
<b>Gasto Publico</b>	Reducción de 12% indicador de gasto publico	Reducción de gasto publico 5% con respecto a tercer trimestre 2020	Sin cambios	Aumento de gasto publico 4% con respecto a 4to trimestre 2019

De acuerdo con esto, se presentan las siguientes predicciones con respecto a la morosidad o ratio de NPL. Los escenarios se establecen en shocks para 2 diferentes

periodos pronosticados. Tanto para el primer trimestre del 2020 y el ultimo del mismo año. Se establecen dentro de estos periodos siendo aquellos que pueden tener mayor impacto dentro de los periodos siguientes. De acuerdo con los datos proyectados la mayor variación existe al término del primer trimestre del año y al final del año. Al primer trimestre del año porque para este punto puede que existan gran cantidad de cartera de crédito que pueda estar a punto de cancelar o tenga impactos dentro de cartera improductiva no han sido castigados. Así mismo para la cartera dentro del último periodo del año se establece que la gran mayoría por comportamiento del propio sistema financiero para el último trimestre del año se establecen castigos hacia operaciones por lo cual los indicadores a fin de año son los mejores o más óptimos y si estos se estresan pueden generar un efecto domino en los otros periodos no se toman en cuenta.

### Escenario Optimista

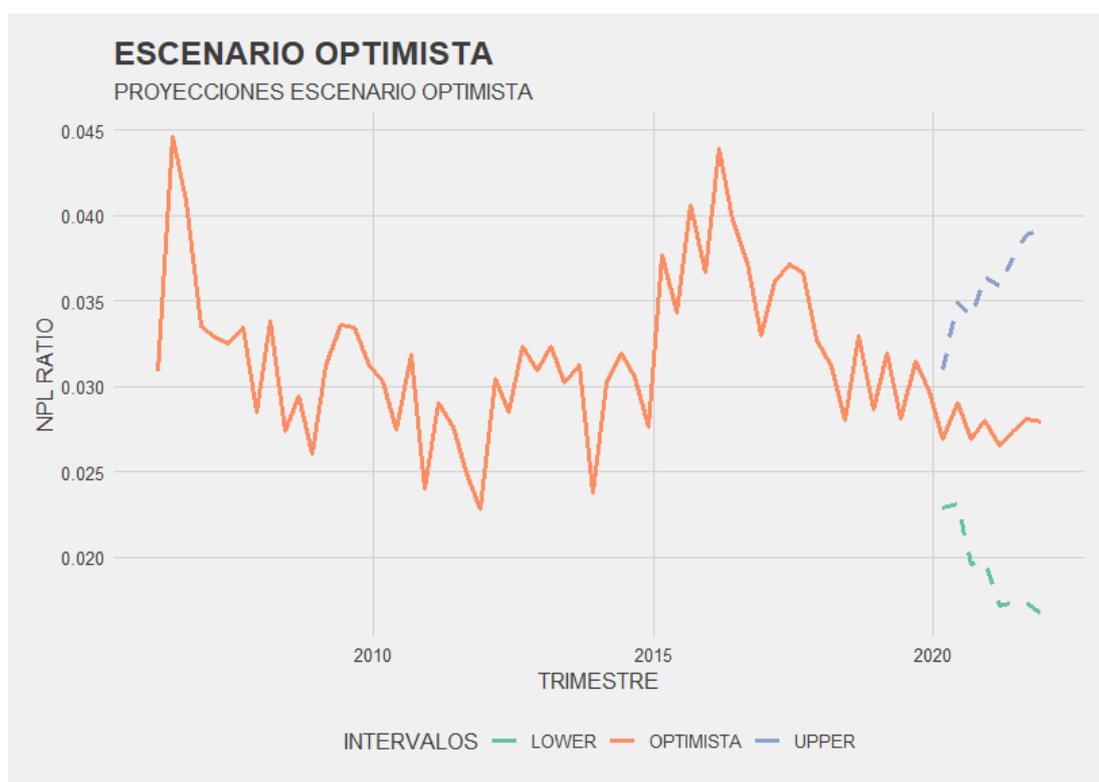


Figura 12 Escenario Optimista

## Forecast Optimistas

Tabla 26

*Predicciones Optimistas*

<b>Predicciones Optimistas</b>				
	<b>Forecast</b>	<b>lower</b>	<b>upper</b>	<b>CI</b>
<b>Mar-20</b>	2.69%	2.29%	3.10%	0.41%
<b>Jun-20</b>	2.90%	2.31%	3.49%	0.59%
<b>Sep-20</b>	2.65%	1.96%	3.41%	0.73%
<b>Dec-20</b>	2.80%	1.97%	3.64%	0.84%
<b>Mar-21</b>	2.65%	1.71%	3.59%	0.94%
<b>Jun-21</b>	2.74%	1.73%	3.75%	1.01%
<b>Sep-21</b>	2.81%	1.73%	3.89%	1.08%
<b>Dec-21</b>	2.79%	1.67%	3.92%	1.13%

Mediante el análisis de escenarios y ambos periodos estresados fuera de la muestra siendo tanto el primer y último trimestre del 2020 con un escenario optimista dentro de la economía ecuatoriana se observan disminuciones en lo que corresponde al indicador de NPL para los periodos subsecuentes. Se pueden observar a simple vista un impacto de decrecimiento con respecto al escenario base planteado en el apartado de pronósticos. Indicadores menores aquellos dentro del escenario inicial. Se toma la tasa de desempleo como mayor influencia dentro del escenario optimista debido a su significancia dentro del modelo VECM además de tener gran influencia dentro del impulso respuesta observados anteriormente.

A pesar de esto, el sistema financiero no logra obtener indicadores inferiores a 2.65% para los siguientes periodos proyectados. Esto puede ocasionarse a problemas dentro de la cartera y comportamiento crediticio dentro del sistema como también a créditos que poseen múltiples soluciones de pago. Un aspecto importante de resaltar se encuentra dentro de la proyección del cuarto trimestre del 2020 donde este a diferencia del escenario base se presenta como el tercer valor segundo valor más alto de la serie, cuando normalmente los meses de diciembre presentan el menor indicador durante todo el año. Esta variación puede deberse a una tasa de intereses preestablecida de 8.5% la cual aumenta el indicador de NPL tal como se observa dentro del modelo VECM estimado.

Pero sobre todo se presenta un escenario menor al escenario base, pero puede que nos encontremos dentro de un umbral al cual los NPL no pueden disminuir menos de 2% dentro del segmento de créditos comerciales. Cabe recalcar que para los

escenarios no se toman en consideración efectos exógenos que puedan afectar directamente con el indicador NPL de créditos. Tales efectos como regulaciones u otros no se consideran dentro del análisis de escenarios optimistas debido a que de alguna manera estos pueden tener un impacto dentro de otras variables macroeconómicas lo cual presentaría un efecto indirecto dentro de la morosidad.

Para finalizar, el escenario optimista al ser optimista se presenta con un ámbito económico de mejora y prosperidad dentro del Ecuador, pese a esto no es un escenario muy probable que sea logrado. La poca variación dentro del ratio de NPL demuestra que a pesar de existir mejoras existen disminuciones de poca diferencia ante el escenario base. No obstante, es un gran escenario a comparar debido a los niveles bajos que se puedan obtener si se mantiene el mismo comportamiento de cartera de créditos comerciales dentro del sistema financiero del Ecuador.

### Escenario Pesimista

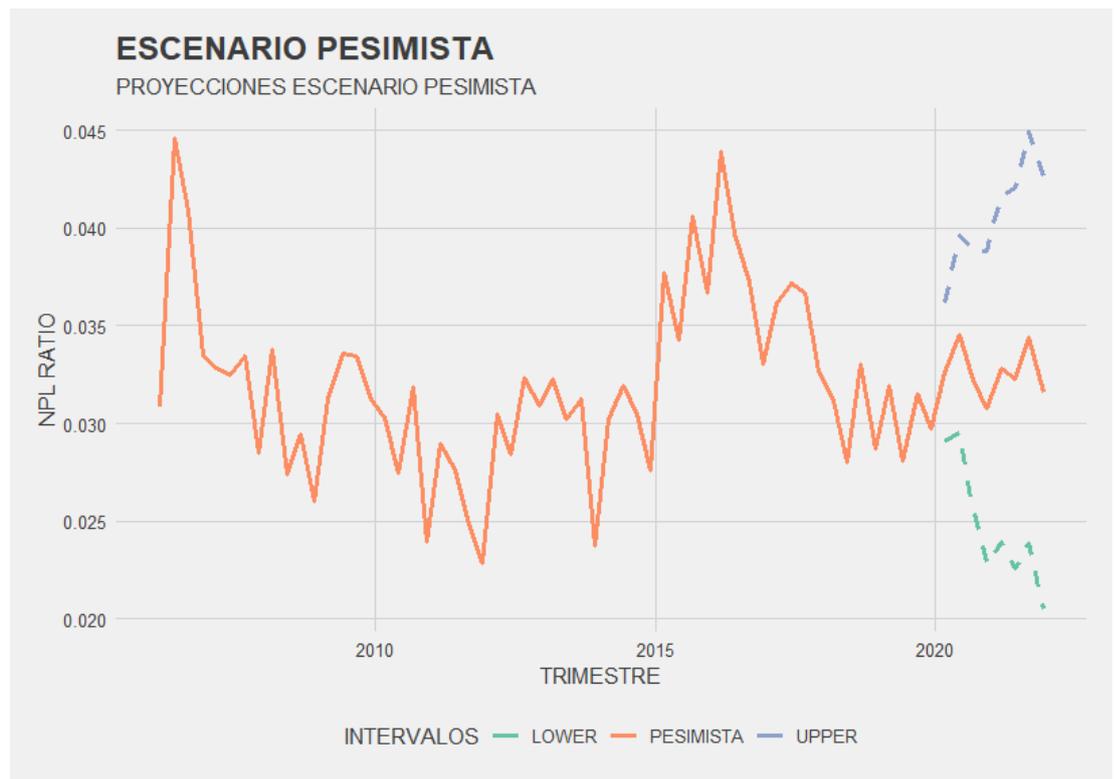


Figura 13 Escenario Pesimista

## Forecast Pesimistas

Tabla 27

*Predicciones Pesimistas*

<b>Predicciones Pesimistas</b>				
	<b>Forecast</b>	<b>lower</b>	<b>upper</b>	<b>CI</b>
<b>Mar-20</b>	3.27%	2.91%	3.62%	0.35%
<b>Jun-20</b>	3.46%	2.95%	3.96%	0.51%
<b>Sep-20</b>	3.22%	2.56%	3.88%	0.66%
<b>Dec-20</b>	3.08%	2.28%	3.88%	0.80%
<b>Mar-21</b>	3.28%	2.40%	4.17%	0.89%
<b>Jun-21</b>	3.23%	2.26%	4.20%	0.97%
<b>Sep-21</b>	3.44%	2.39%	4.49%	1.05%
<b>Dec-21</b>	3.16%	2.05%	4.27%	1.11%

Para la especificación del escenario pesimista se pueden observar los datos superan en su gran mayoría el 3% de NPL dentro de la proyección. Esto se debe al escenario de Stress que se lleva a cabo dentro de los periodos al igual que el escenario optimista primer y cuarto trimestre del año 2019. A pesar de que se mueven por encima de lo especificado del modelo base, no existen cambios significativos o de gran magnitud dentro de los valores predichos. Esto puede ser posible a que la gran cantidad de créditos en su histórico no supera el 5% de NPL.

Si se observan los intervalos de confianza dentro de la proyección pesimista se puede observar que el valor más alto con un 95% de confianza viene dado por 4.29% cuyo valor demuestra ser uno de los más altos durante las series históricas con la que se trabajó el modelo. El modelo VECM junto con simulaciones monte carlo para predicción pudo generar valores más altos dentro del escenario pesimista.

Entre el rango que se pueden encontrar los shocks de NPL según el escenario especificado podemos encontrar NPL entre 2.97% como el valor mínimo proyectado dentro del periodo de los próximos 2 años y como valor máximo dentro de esta 3.38%. Se pueden observar que los valores de la serie se mantienen cerca de estos rangos porque las causalidades de las variables de corto plazo son las que han sido afectadas.

Dentro de las proyecciones se puede observar la misma tendencia que se encuentra dentro de la serie original, así como también en las proyecciones del escenario optimista, la cual es sean el último trimestre del año el valor mínimo dentro de la serie trimestral y el primer trimestre uno de los más altos. A pesar de que el cuarto trimestre se considera le valor mínimo dentro de la serie este se encuentra con un valor

superior al 3% valor cuya serie no ha superado desde hace 2017 dentro de la serie original.

El máximo valor de pérdida que puede afrontar el sistema financiero dentro del shock pesimista se encuentra dentro del primer trimestre del año 2021 con un valor de 3.38% de la cartera de créditos totales.

### Comparación de Escenarios

Como conclusión en el análisis de escenarios se obtienen los siguientes resultados:

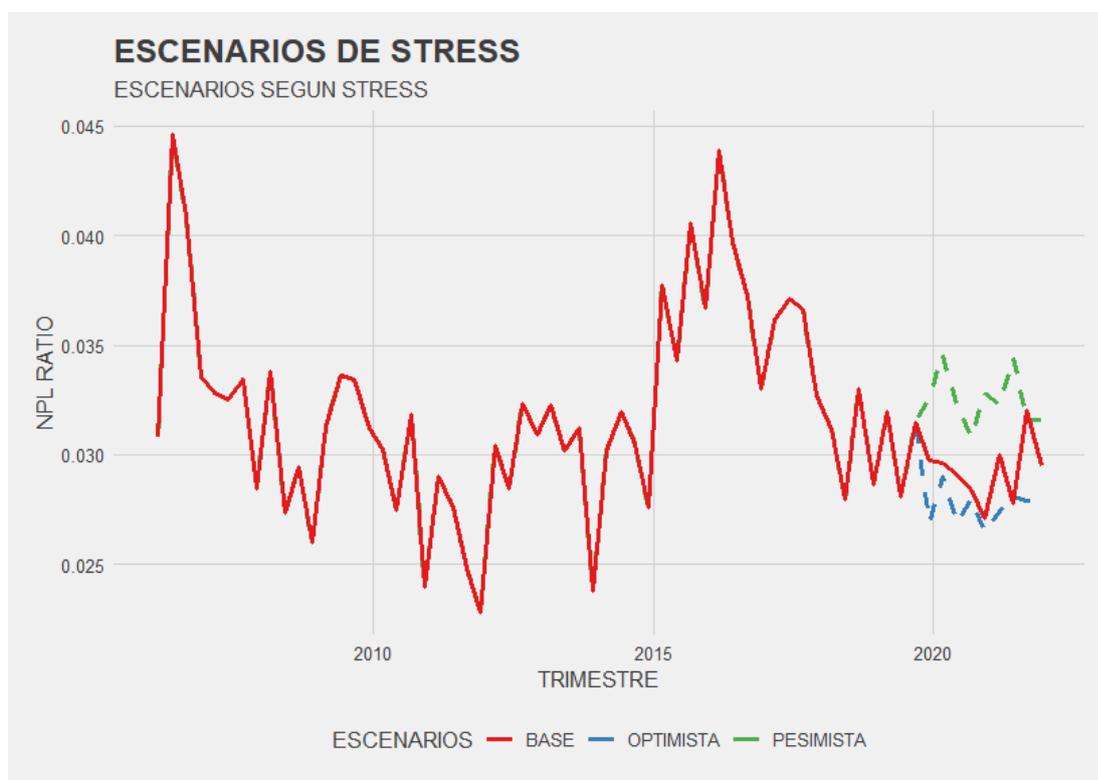


Figura 14 Escenarios Estrés Comparativo.

Tabla 28

Comparativo de Escenarios

COMPARATIVO DE ESCENARIOS			
PERIODO	BASE	OPTIMISTA	PESIMISTA
<b>Mar-20</b>	2.96%	2.69%	3.27%
<b>Jun-20</b>	2.91%	2.90%	3.46%
<b>Sep-20</b>	2.84%	2.65%	3.22%
<b>Dec-20</b>	2.71%	2.80%	3.08%
<b>Mar-21</b>	3.00%	2.65%	3.28%
<b>Jun-21</b>	2.78%	2.74%	3.23%
<b>Sep-21</b>	3.20%	2.81%	3.44%

**Dec-21**   2.95%   2.79%   3.16%

---

Se puede observar que tanto el escenario optimista y pesimista no tienen variaciones tan diferentes uno del otro, esto puede ser causado dado a que ambos han sido estresados dentro de los mismos periodos. Esto puede causarse debido a los estimadores del modelo no todos presentan relaciones significativas dentro del comportamiento de NPL.

A pesar de que el modelo VECM estimado si explica en una gran parte el comportamiento de los NPL el impacto de las variables si demuestra ser significativo al momento de proyección de estos. En cuanto a manejo de escenarios, se puede asegurar que el modelo planteado cumple con el propósito de un modelo apto para predecir incluso si no se presentan las mejores variables para explicar la morosidad dentro del sistema financiero que pueda afectar al segmento de crédito.

Se proyectan solo 2 años debido a la poca información histórica que se posee de 58 observaciones trimestrales desde el periodo 2006-2019. Adicionalmente no es recomendado proyectar más de esto debido a cambios que pueden existir mediante regulaciones financieras o variables exógenas que puedan intervenir dentro del sistema financiero. Por lo que un horizonte no tan lejos de 2 años es un escenario perfecto para poder tomar decisiones y establecer las variables más importantes macroeconómicas que se deben fijar tanto las instituciones bancarias como gubernamentales y entes de control.

## CAPITULO IV

### Discusión

Dentro del estudio se pueden observar ciertas comparaciones con respecto a estudios ya realizados sobre el tema. Uno de estos (Tian y Yang, 2011) y las variables que se muestran significativas dentro del modelo macroeconómico como PIB, Tasa de interés y desempleo se mantienen significativas en la mayoría de estudios como este. Utilizando una metodología similar de igual manera se presnetan significancias dentro de las mismas variables tomadas dentro de este estudio.

En otro de los casos se puede aceptar las recomendaciones dadas por (Onder, Damar, y Hekimoglu, 2016) quienes aseguran que la mejor variable para poder estimar el riesgo crediticio viene dado por la variable NPL a diferencia de otros indicadores como Provisiones. Porque presenta un valor mas real de toda la cartera de creditos.

Estudios como el de (Ocana, 2017) realizados dentro del sistema financiero ecuatoriano también presentan las mismas variables seleccionadas dentro de este estudio, a diferencia de la inclusión que se realiza por intercambio de inflación por ratio de gasto público para PIB. Las mismas variables que se encuentran como determinantes para el segmento de créditos ecuatorianos permanecen significativas dentro del modelo planteado. Por lo que se aceptan que las variables encontradas como PIB, desempleo y tasa de interés son variables que si tienen gran impacto dentro de los NPL en el sistema financiero ecuatoriano.

### Conclusiones y Recomendaciones

Para finalizar las conclusiones del estudio, comenzando por el objetivo general, el cual se toma como Determinar la morosidad en el segmento comercial de créditos de Ecuador ante cambios en variables macroeconómicas durante el periodo 2003-2019 mediante un modelo de stress test. Este fue cumplido para los periodos 2006-2019 debido a problemas con quiebres estructurales anteriormente mencionados dentro de las limitaciones tanto de datos públicos como las características de estos datos. Se cumplió el objetivo general por medio de las diferentes proyecciones realizadas dentro de la sección correspondiente análisis de datos en las cuales el modelo desarrollado permite y es apto para su uso dentro de proyecciones. Dentro de esta mediante el

modelo VECM propuesto el cual puede ser utilizado para determinar la morosidad dentro del sistema financiero privado del Ecuador.

Dentro de los diferentes objetivos planteados para iniciar, si es posible la modelación del modelo de riesgo crediticio para la determinación de morosidad y establecer los diferentes escenarios para pruebas de tensión. El modelo puede ser replicado para no solo el sistema de bancos privados sino también para el sistema de bancos públicos lo cual beneficiaría también a la mitigación de morosidad dentro del sector de bancos públicos que apoyan al desarrollo económico del Ecuador. Además de esto, es posible adaptar el modelo para crear un modelo crediticio enfocado en las necesidades de un solo banco y como este puede ser afectado por las diferentes variables macroeconómicas que pueden ser incluidas dentro del modelo, otra adaptación puede verse dada en la separación de los diferentes tipos créditos que también se presentan en el sistema crediticio siendo estos, productivos, consumo, microcréditos.

Dentro de las principales teorías que se pueden asumir para la construcción del modelo se encuentran lo que corresponde a valor en riesgo dado a que esta es la mejor manera de cuantificar la probabilidad en este caso denotada por medio del ratio de NPL, dentro de la economía ecuatoriana adicionalmente según las significancias del modelo, si se presentan mayor cantidad de desempleados estos al no tener dinero ingresos pueden causar un incremento dentro de NPL por lo que el comportamiento financiero de estos cambia a un ámbito de ahorro. Esta conclusión corresponde al objetivo planteado según la relación de las principales teorías económicas con relación a la morosidad dentro del sistema financiero.

Dentro del estudio se puede observar que la morosidad tiende a moverse de acuerdo a ciertas variables macroeconómicas que puedan influirla, entre ellas se encuentra según las significancias del modelo VECM, el desempleo, tasa de interés, crecimiento de PIB. estas variables a pesar de ser variables macroeconómicas tienden a influir en el comportamiento de la morosidad. De igual forma también se presentan causalidades entre variables por lo que la morosidad también puede causar shocks internos dentro de las mismas variables. Por lo que se cumple el objetivo de identificación de variables que puedan determinar la morosidad y su comportamiento.

Las variables escogidas dentro del estudio tal vez no han sido las mejores o existen mejores para poder explicar, pero se recomienda en futuros estudios una selección más amplia de variables con el objetivo de encontrar mejores impactos dentro de los NPL, o usar si es posible cálculos de PD los cuales me permiten generar modelos más apropiados según comportamiento financiero mas no solo económico. Se puede generar un modelo de stress por medio de uso de otras variables macroeconómicas más importantes dentro del país o tal vez mediante el uso de variables microeconómicas las cuales expliquen no solo el comportamiento macroeconómico sino comportamiento interno de cada banco tales como estructura de cobros para los créditos en morosidad y decisión de otorgación de créditos. Se recomienda explorar nuevas opciones en ámbito metodológico para poder tener diferentes puntos de vista, así como también diferentes enfoques de proyección.

Cabe recalcar que si se pudo generar un modelo apto para pronósticos con el cual se pudo desarrollar escenarios para establecer el VaR o nivel de riesgo que el sistema financiero podría enfrentar. El cual presenta buenas respuestas hacia shocks económicos. Y para finalizar se pudo cumplir con el objetivo del estudio el cual era determinar la morosidad del sistema financiero mediante el uso de variables macroeconómicas mediante un modelo de *Stress Test* y se generaron escenarios adicionales para la corroboración del modelo.

En el ámbito social se recomienda generar a los entes reguladores pruebas de stress mediante modelos VECM o VAR mediante el uso de variables macroeconómicas para poder determinar resoluciones o leyes en base a pronósticos observados según la economía actual. Dentro de la Superintendencia de Bancos al momento actual se realizan pruebas de tensión para todo el sector financiero en base a probabilidades de incumplimiento de todos los sectores. Su metodología está basada en un modelo logit el cual permite obtener los cambios de PD que el sector financiero enfrenta. De tal manera que se eviten problemas de mal manejo de cartera o quiebres inesperados dentro del sistema. Establecer modelos de stress test dentro de no solo el sistema bancario público y privado si no también dentro de mutualistas, cooperativas entre otras. Las cuales pueden poseer mayor volatilidad debido al tipo de crédito ofrecido. Además de presentar reportes sobre deficiencias que puedan venir a futuro dentro del área financiero y económica del país. Hacer que los reportes sean conocidos por la sociedad para que estén al tanto de posibles crisis o caídas dentro del sistema

financiero. A pesar de que según el modelo el sistema financiero ecuatoriano dentro del segmento de créditos comercial es muy fuerte y no presenta riesgo en el futuro cercano.

Políticas públicas que puedan ser implementadas por medio de la junta de resolución financiera y monetaria para el sector financiero en cuestión de mitigación de riesgo crediticio hacia los debidos controles según la evolución de las variables macroeconómicas que puedan crear un shock dentro de la morosidad creando indicadores de eficiencia tanto dentro de la reducción del ratio de NPL según proyecciones realizadas hacia las variables como Crecimiento de PIB, Desempleo, entre otras mencionadas dentro de este estudio realizadas por entes gubernamentales. Y de tal manera que esta información pueda ser publicada para conocimiento público. De tal manera que las mitigaciones de alertas tempranas puedan ser utilizadas en su máxima capacidad.

Entre recomendaciones estas se pueden dar tanto en la selección de nuevas variables para un nuevo periodo de estudio, debido a que esto tiende a influir dentro de los resultados. Como también recomendaciones para futuras investigaciones que pueden buscar enfoques distintos de pruebas de tensión. Dentro de esta investigación el objetivo principal fue el desarrollo de un modelo de stress test para riesgo crediticio y obtener proyecciones y alertas tempranas dentro del sistema. Se puede usar como referencia para estudios en relación a eficiencia de la mitigación de riesgo de crédito mediante el uso de modelos de *stress*, así como diferentes metodologías que puedan ser aplicadas dentro del segmento de créditos comercial.

Se recomienda para futuros estudios, la expansión de los diferentes segmentos de créditos para poder obtener proyecciones y establecer si existen las mismas correlaciones entre variables que afectan al crédito comercial. Se pueden realizar estudios para poder medir la eficiencia de todo el sistema financiero en su totalidad agregando variables de eficacia dentro del modelo para futuros estudios.

## REFERENCIAS

- Abid, L., Ouertani, M. N., & Zouari-Ghorbel, S. (2014). Macroeconomic and Bank-Specific Determinants of Household's Non-Performing Loans in Tunisia: a Dynamic Panel Data. *Procedia Economics and Finance*, 58-68.
- Acerbi, C., & Scandolo, G. (2008). Liquidity risk theory and coherent measures of risk. *Quantitative Finance*, 681-692.
- Ahmad, N. (2002). Financial Crisis And Non-Performing Loans: The Malaysian Banks Experience. *International Journal of Finance*, 2257-2278.
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 179-211.
- Alonso, J., & Semaan, P. (2009). Calculo del valor en riesgo y perdida esperada mediante R: Empleando modelos con volatilidad constante. *Apuntes de Economia*, 1-15.
- Arira, N., Bohn, J., & Zhu, F. (2005). Reduced Form vs. Structural Models of Credit Risk: A Case Study of Three Models. *Moody's KMV*, 1-39.
- Bandyopadhyay, A. (2010). Understanding the Effect of Concentration Risk in the Banks' Credit Portfolio: Indian Cases. *University Library of Munich, Germany, MPRA Paper*.
- Basel Committee on Banking Supervision. (2006). Studies on Credit Risk Concentration. *Basilea: Bank for International Settlements*, 15.
- Bellotti, T., & Crook, J. (2013). Forecasting and Stress Testing Credit Card Default using Dynamic Models. *International Journal of Forecasting*, 563-574.
- Bielecki, T., & Rutkowski, M. (2020). *Credit Risk : Modeling, Valuation and Hedging*.
- Brermingham, C., & Conefrey, T. (2014). The Irish Macroeconomic Response to an External Shock with an Application to Stress Testing. *Journal of Policy Modeling*, 454-470.
- Breusch, T. S. (1978). Testing for autocorrelation in dynamic linear models. *Australian Economic Papers*, 334-355.
- Brodin, E., & Klüppelberg, C. (2014). Extreme Value Theory in finance. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*.

- Brooks, C., Clare, A., Dalle, J., & Persaud, G. (2005). A comparison of extreme value theory approaches for determining value at risk. *Journal of empirical finance*, 339-352.
- Cabrera, W., Guitierrez, J., & Mendoza, J. C. (2012). Credit Risk Stress Testing: An Exercise for Colombian Banks. *Temas de Estabilidad Financiera*, 73.
- Caouette, J., Altman, E., & Narayanan, P. (1998). Managing Credit Risk: The next great financial challenge. *John Wiley & Sons, Inc.*, 452.
- Céspedes, J. (2005). Nuevas técnicas de medición del riesgo de crédito. *Revista de economía financiera*, 86-114.
- Chavleishvili, S., & Manganelli, S. (2019). Forecasting and stress testing with quantile vector autoregression. *European Central Bank*.
- Cheng, M. C., Lee, C. C., Tran, Q., & Chen, H. Y. (2016). Factors affect NPL in Taiwan Banking Industry. *Journal of Accounting, Finance and Economics*, 65-87.
- Cohn, T. A., England, J. F., Berenbrock, C. E., Mason, R. R., Stedinger, J. R., & Lamontagne, J. R. (2013). A generalized Grubbs-Beck test statistic for detecting multiple potentially influential low outliers in flood series. *Water Resources Research*, 5047-5058.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2000). A comparative analysis of current credit risk models. *Journal of Banking & Finance*, 59-117.
- de Andrade, J., & Hruschka, E. R. (2009). EACImpute: an evolutionary algorithm for clustering-based imputation. *ISDA 2009*, 1400-1406.
- Díaz, R. (2018). Determinantes de la Tasa de Morosidad de la Cartera Bruta de Consumo: Desde la visión de los datos de panel dinámicos. *Subdirección de Estadísticas y Estudios*, 1-74.
- Düllmann, K., & Masschelein, N. (2007). A Tractable Model to Measure Sector Concentration Risk in Credit Portfolios. *Journal Finance Services Res*, 55-79.
- Embrechts, P., Kluppelberg, C., & Mikosch, T. (1997). Modelling Extremal Events for Insurance and Finance. *Applications of Mathematics*, 1.
- Fell, J., Grodzicki, M., Krusec, D., Martin, R., & O'Brien, R. (2017). Overcoming Non-performing Loan Market Failures with Transaction Platforms. *Financial Stability Review*, 2.

- Fernandez, C., Baptista, P., & Hernandez, R. (2014). *Metodologia de la Investiacion*. Colombia: McGraw Hill Education.
- Filosa, R. (2007). Stress Testing of the stability of the Italian banking System: A VAR approach. *Heterogeneity and monetary policy*, 1-46.
- Findley, D., Monsell, B., Bell, W., Otto, M., & Chen, B. (1998). New Capabilities and Methods of the X-12-ARIMA Seasonal-Adjustment Program. *Journal of Business & Economic Statistics*, 127-152.
- Fisher, R., & Tippett, L. (1928). Limiting forms of the frequency distribution of largest or smallest member of a sample. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 180-190.
- Foglia, A. (2009). Stress Testing Credit Risk: A Survey of Authorities' Approaches. *International Journal of Central Banking*, 9-46.
- Friedwald, N., Wagner, C., & Zechner, J. (2014). The cross-section of credit risk premia and equity returns. *The Journal of Finance*, 2419-2469.
- Frye, J. (2000). Collateral Damage: A source of Systematic Credit Risk. *Risk Magazine*, 1-15.
- Gao, G., Mishra, B., & Ramazzotti, D. (2017). Efficient Simulation of financial Stress Testing Scenarios with Suppes-Bayes Casual Networks. *Procedia Computer Science*, 272-284.
- Gencay, R., & Selcuk, F. (2004). Extreme Value Theory and Value-at-Risk: Relative performance in emergin markets. *International Journal of Forecasting*, 287-303.
- Gilli, M., & Kellezi, E. (2006). An application of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk. *Computational Economics*, 207-228.
- Gnedenko, B. (1943). Sur la distribution limite du terme d'une serie aleatoire. *Annals of Mathematics*, 423-453.
- Gordy, M. B. (2000). A comparative anatomy of credit risk models. *Journal of Banking & Finance*, 119-149.
- Grubbs, F. (1969). Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*, 1-21.
- Grundke, P. (2011). Reverse Stress test with botton-up approaches. *The journal of Risk Model Validation*, 71-90.

- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría* (5 ed.). McGraw Hill. Obtenido de [https://www.academia.edu/33064534/Gujarati\\_-\\_Econometria\\_-\\_5ta\\_Edicion.pdf](https://www.academia.edu/33064534/Gujarati_-_Econometria_-_5ta_Edicion.pdf)
- Hà, V. T., Triền, L., & Diệp, H. (2014). Macro Determinants on Non-performing Loans and Stress Testing of Vietnamese Commercial Banks' Credit Risk. *VNU Journal of Science: Economics and Business*, 1-16.
- Hamilton, J. (1994). *Times Series Analysis*. Princeton University press.
- Hassan, A. (2009). Risk management practices of Islamic Banks of Brunei Darussalam. *The journal of Risk Finance*.
- Hoggarth, G., Sorensen, S., & Zicchina, L. (2005). Stress Test of UK banks using a VAR approach. *Bank of England, Quarterly Bulletin*, 478.
- Huang, Y. L. (2009). Prediction of contractor default probability using structural models of credit risk: An empirical investigation. *Construction Management and Economics*, 581-596.
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, 163-172.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 231-254.
- Johansen, S. (1995). Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models. *Oxford: Clarendon Press*.
- Jones, Hilbers, & Slack. (2004). Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls". *IMF Working Paper*, 127.
- Juselius. (2006). The Cointegrated VAR model. *Oxford University Press*.
- Kanas, A., & Molyneux, P. (2018). Macro Stress Testing the U.S. Banking System. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 204-227.
- Kanno, M. (2015). Macro Stress Test for Credit Risk. *Journal of Risk Finance*, 554-574.
- Koenker, R., & Xiao, Z. (2006). Quantile autoregression. *Journal of the American Statistical Association*, 980-990.
- Kowarik, A., & Templ, M. (2016). Imputation with R package VIM. *Journal of Statistical Software*, 1-16.

- Kowarik, A., Meraner, A., Templ, M., & Schopfhauser, D. (2014). Seasonal Adjustment with the R Packages x12 and x12GUI. *Journal of Statistical Software*, 1-21.
- Küçüközmen, C., & Yüksel, A. (2016). Using non-performing loan ratios as default rates in the estimation of credit losses and macroeconomic credit risk stress testing: A case from Turkey. *RISK GOVERNANCE & CONTROL: Financial markets and institutions*.
- Louzis, D. P., Vouldis, A. T., & Metaxas, V. L. (2011). Macroeconomic and bank-specific determinants of non-performing loans in Greece: A comparative Study of mortgage, business and consumer loans portfolios. *Journal of Banking & Finance*, 25-31.
- Lu, W., & Yang, Z. (2012). Stress Testing of Commercial Banks' Exposure to Credit Risk: A Study Based on Write-off Nonperforming Loans. *Asian Social Science*, 16-22.
- Merton, R. (1974). On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *Journal Finance*, 449-470.
- Misina, M., Tessier, D., & Dey, S. (2006). Stress Testing the Corporate Loans Portfolio of the Canadian Banking Sector. *Bank of Canada*.
- Ocana, E. (2017). Determinantes de la Morosidad en el Sistema Bancario Ecuatoriano. *Superintendencia de Bancos*, 1-39.
- Onder, S., Damar, B., & Hekimoglu, A. A. (2016). Macro Stress Testing and an Application on Turkish Banking Sector. *Procedia Economics and Finance*, 17-37.
- Ozmete, E., & Hira, T. (2011). Conceptual Analysis of Behavioral Theories/Models: Application to Financial Behavior . *European Journal of Social Sciences* , 386-404.
- Rocco, M. (2014). Extreme value theory for Finance: A survey. *Journal of Economic Surveys*, 82-108.
- Rösch, D., & Scheule, H. (2007). Stress-Testing Credit Risk Parameters - An application to Retail Loan Portfolios. *Journal of Risk Model Validation*, 55-75.
- Schechtman, R., & Gaglianone, W. P. (2012). Macro Stress Testing of Credit Risk focused on the tails. *Journal of Financial Stability*, 174-192.

- Sharma, R. (2012). The impact of credit risk management on financial performance of commercial banks in Nepal. *International Journal of Arts and Commerce*, 9-15.
- Simons, D., & Ferdinand, R. (2009). Macroeconomic Default Modeling and Stress. *International Journal of Central Banking*, 177-204.
- Simpson, J., & Simpson, M. (2014). Structural Modeling. *Technical Report*, 1-20.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 1-48.
- Skellam, J. G. (1952). Studies in Statistical Ecology: Spatial Pattern. *Biometrika*, 346-362.
- Sorge, M., & Virolainen, K. (2006). A comparative analysis of macro stress-testing methodologies with application to Finland. *Journal of Financial Stability*, 113-151.
- Stefansky, W. (1972). Rejecting Outliers in Factorial Designs. *Technometrics*, 469-479.
- Steiger, J. H. (1990). Structural Model Evaluation and Modification: An Interval Estimation Approach. *Multivariate Behavioral Research*, 173-180.
- Stulz, R. (1996). Rethinking Risk Management. *Journal of applied corporate finance*, 8-25.
- Superintendencia de Bancos. (2019). *Reporte de Pruebas de Tension*. Guayaquil: Superintendencia de Bancos.
- Tanasković, S., & Jandrić, M. (2015). Macroeconomic and Institutional Determinants of Non-performing Loans. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, 47-62.
- Tian, R., & Yang, J. (2011). Macro Stress testing on credit risk of commercial banks in china based on vector autoregression models. *Risk management & Analysis in Financial Institution* .
- Uquillas, A., & Gonzalez, C. (2017). Modelo Macro para Pruebas de Tension de Riesgo de Credito de Consumo en el Sistema Financiero Ecuatoriano. *Revista de Analisis Estadistico*, 75-99.
- Van den End, J. W., Hoeberichts, M., & Tabbae, M. (2006). Modelling scenario analysis and macro stress-testing. *Netherlands Central Bank, Research Department*.

- Vazquez, F., Tabak, B. M., & Souto, M. (2012). A macro stress test model of credit risk for the Brazilian banking sector. *Journal of Financial Stability*, 69-83.
- Warmustafa, W., & Sukri, S. (2015). Bank Specific and Macroeconomics Dynamic Determinants of Credit Risk in Islamic Banks and Conventional Banks. *International Journal of Economic and Financial Issues*, 476-481.
- Wezel, T., Canta, M., & Luy, M. (2014). A Practical Example of the Nonperforming Loans Projection Approach to Stress Testing. En O. Li, *A Guide to IMF Stress Testing: Methods and Models* (págs. 473-482).
- Wilson, T. C. (1997). Portafolio Credit Risk I. *Risk*, 111-117.
- Wong, C. s., & Fong, T. P.-w. (2008). Stress Testing Bank's Credit Risk Using Mixture Vector Autoregressive Models.
- Wong, J., Choi, K.-F., & Fong, T. P.-W. (2008). A framework for Stress Testing Banks' Credit Risk. *The Banking Sector in Hong Kong*, 240-260.
- Zeman, J., & Jurca, P. (2008). Macro Stress Testing of the Slovak Bankin Sector. *National Bank of Slovakia*.
- Zhang, S. (2012). Nearest neighbor selection for iteratively kNN imputation. *The Journal of Systems and Software*, 2541-2552.

## ANEXOS

### ANEXO A

Guayaquil, 18 de septiembre de 2020.

Ingeniero

**Freddy Camacho Villagómez**

COORDINADOR UTE A-2020

ECONOMÍA

En su despacho.

De mis Consideraciones:

**ECON. JORGE LUIS DELGADO SALAZAR, MSc.** , Docente de la Carrera de Economía, designado TUTOR del proyecto de grado de **CARLOS GERMÁN ACHÓN VELÁSQUEZ**, cúmpleme informar a usted, señor Coordinador, que una vez que se han realizado las revisiones al 100% del avance del proyecto avaló el trabajo presentado por el estudiante, titulado “**MODELO DE STRESS TESTING ENFOCADO EN MOROSIDAD PARA EL SEGMENTO COMERCIAL DE CREDITOS, ECUADOR 2003-2019**” por haber cumplido en mi criterio con todas las formalidades. Este trabajo de titulación ha sido orientado al 100% de todo el proceso y se procedió a validarlo en el programa de URKUND dando como resultado un 0% de plagio.

Cabe indicar que el presente informe de cumplimiento del Proyecto de Titulación del semestre A-2020 a mi cargo, en la que me encuentra(o) designada (o) y aprobado por las diferentes instancias como es la Comisión Académica y el Consejo Directivo, dejo constancia que los únicos responsables del trabajo de titulación MODELO DE STRESS TESTING ENFOCADO EN MOROSIDAD PARA EL SEGMENTO COMERCIAL DE CREDITOS ECUADOR 2003-2019 somos el Tutor Jorge Luis Delgado Salazar y Sr Carlos Germán Achón Velásquez y eximo de toda responsabilidad a el coordinador de titulación y a la dirección de carrera. La calificación final obtenida en el desarrollo del proyecto de titulación fue: **10/10, Diez sobre Diez**

Atentamente,



**Econ. Jorge Luis Delgado Salazar, MSc.**

PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, reading "Carlos Germán Achón Velásquez", is written over a horizontal line.

**Carlos Germán Achón Velásquez**

PROFESOR TUTOR-REVISOR PROYECTO DE GRADUACIÓN

## ANEXO B – CODIGO DE MODELACION Y SIMULACION.

```
#Stress Testing TESIS Carlos German Achon Velasquez
#Me tomo bastante tiempo hacer esto y revisar toda la literatura con
respecto al tema
#Gracias a todos los que me han ayudado a llegar a este punto.
#Mis familia, mis amigos, Gracias a todos por dejarme llegar a este
punto
library(readxl)
library(urca)
library(vars)
library(mFilter)
library(tseries)
library(forecast)
library(tidyverse)
library(tsDyn)
library(VIM)
library(outliers)
library(haven)
library(xl3binary)
library(xl2)
library(seasonal)
library(MonteCarlo)
library(quantmod)
library(PerformanceAnalytics)
library(ggplot2)
library(dplyr)

setwd("C:\\Users\\Carlos G. Achon\\Desktop\\TESIS\\VAR")

datos_tesis1<- read_xlsx("datos_tesis_v2.xlsx")

#completar datos de desempleo para completar missing value
datos_tesis_no_missing <- kNN(datos_tesis, variable =
c("Desempleo"), k=5)

#eportar datos de tesis completos

write.csv(datos_tesis_no_missing,"base_completa_nm.csv", row.names =
FALSE)

#View(datos_tesis_no_missing)

#ya sin outliers en stata
base_tesis_no_o_1_ <- read_xls("base_tesis_no_o (1).xls")

datos_tesis <- read_xlsx("base_variables_montecarlo_mathlab__.xlsx")
#datos_tesis <- read_dta("base_sin_outliers.dta") #para poner datos
de stata

#creacion de variables series de tiempo
#mora<- ts(datos_tesis$morosidad, start = c(2006,3), frequency = 4)
#crecimiento_pib <- ts(datos_tesis$crecimientopib, start =
c(2006,3), frequency = 4)
#desempleo <- ts(datos_tesis$desempleo, start = c(2006,3), frequency
= 4)
#crecimiento_econ <-ts(datos_tesis$crecimientoeconomico, start =
c(2006,3), frequency = 4)
```

```

#int <- ts(datos_tesis$tasadeint, start = c(2006,3), frequency = 4)
#export <- ts(datos_tesis$exp_no_petro, start = c(2006,3), frequency
= 4)
#import <- ts(datos_tesis$imp_bie_con_cap, start = c(2006,3),
frequency = 4)
#dummy <- ts(datos_tesis$d_pet, start = c(2006,3), frequency = 4)

desempleo_s <- ts(datos_tesis$desempleo, start = c(2006,3),
frequency = 4)
#x12
SEASON_D <- seas(desempleo_s)
summary(SEASON_D)
data_s <- data.frame(SEASON_D$data)

crecimiento_econ_S <-ts(datos_tesis$crecimiento_econ, start =
c(2006,3), frequency = 4)
SEASON_GP<- seas(crecimiento_econ_S)
summary(SEASON_GP)
data_gp <- data.frame(SEASON_GP$data)

mora_s <-ts(datos_tesis$mora, start = c(2006,3), frequency = 4)
SEASON_MR<- seas(mora_s)
summary(SEASON_MR)
data_mr <- data.frame(SEASON_MR$data)

#prueba con nuevas variables
mora<- ts(data_mr$final, start = c(2006,3), frequency = 4)
crecimiento_pib <- ts(datos_tesis$crecimiento_pib, start =
c(2006,3), frequency = 4)
desempleo <- ts(data_s$final, start = c(2006,3), frequency = 4)
crecimiento_econ <-ts(data_gp$final, start = c(2006,3), frequency =
4)
int <- ts(datos_tesis$int, start = c(2006,3), frequency = 4)
export <- ts(datos_tesis$export, start = c(2006,3), frequency = 4)
import <- ts(datos_tesis$import, start = c(2006,3), frequency = 4)
dummy <- ts(datos_tesis$dummy, start = c(2006,3), frequency = 4)

plot (int)

#media div tasa media
#Norm
shapiro.test(crecimiento_econ)

#desempleo not normal

#valores atipicos
#chisq.out.test(mora)
#outlier(mora)
#grubbs.test(import,type = 10)

#reemplazar valor atipico
#d<-data.frame(rm.outlier(mora,fill=TRUE, median=T))
#view(d)
#plot(d)
#chisq.out.test(d$rm.outlier.mora..fill...TRUE..median...T.)

#outlier(d$rm.outlier.mora..fill...TRUE..median...T.)

#data frame de las variables
#test sin import - solo desempleo

```

```

#test sin export = solo desempleo
#test sin import ni export - desempleo
#test sin impor ni export ni dummy - solo desempleo

variablesx <- cbind(crecimiento_pib, desempleo, crecimiento_econ,
int, import, export, dummy)
plot(mora)

variablesy <- cbind(desempleo, int, crecimiento_econ, dummy)

ols <- lm (mora ~ variablesx ) #regresion ols normal para probar sig
y para ver el orden en como poner en el VECM
summary (ols)

#variables unidas sin incluir desempleo ni crecimiento petro
Variables1<- cbind(mora, desempleo, int, crecimiento_econ,
crecimiento_pib, export, import, dummy) #modelo base
#optimista
#Variables1<- cbind(mora, crecimiento_pib, desempleo, int, dummy)
#r=3, lags =2 o 1 / terminos de error sig y no

#pasa prueba de normalidad debido a las variables

#Variables1<- cbind(mora, desempleo, int, crecimiento_econ,
crecimiento_pib, export, dummy) # lags 4-1, r=4
#pesimista
#Variables1<- cbind(mora, desempleo, int, crecimiento_econ, export,
import, dummy)
#Variables1<- cbind(mora, crecimiento_pib, export) #este si me sale
pasan todas las pruebas pero cosas no sig /r=2
#lag=2 o 3
#Variables1<- cbind(mora, desempleo, int, crecimiento_econ) #modelo
base
#write.csv(Variables1,"base_variables_montecarlo_mathlab.csv",
row.names = FALSE)

#Estadísticas descriptivas
summary(Variables1)
sd(crecimiento_econ)
#seleccion de lags
lags<- VARselect(Variables1, lag.max = 4, type = "const")
lags$selection #salen 6 lags con maximos lags de 10 pero con 3
salesn 3 o sea voy a probar con 2

#cointegracion
cointegracion_1<- ca.jo(Variables1, type = "eigen", ecdet = "const",
K = 4, spec = "longrun")
summary(cointegracion_1) #cointegracion r = 3

cointegracion_2<-ca.jo(Variables1, type = "trace", ecdet = "const",
K = 2, spec = "longrun")
summary(cointegracion_2) #cointegracion r = 4

#primeras diferencias #no hacer on diferencias
Variables1_f<-diff(Variables1)

lags_f<- VARselect(Variables1_f, lag.max = 4, type = "const")
lags_f$selection #salen 6

```

```

cointegracion_f <- ca.jo(VARIABLES1_f, type = "eigen", ecdet =
"const", K=6, spec = "longrun")
summary(cointegracion_f)

#Modelo (parece que con 2 lags salen algunas sig)

stress1<- VECM(VARIABLES1, 2, r=2, estim = ("ML"))
summary(stress1)

#test
#se transforma a var porque los test son para var

stress_var <-vec2var(cointegracion_1, r=2)

#autocorrelacion (no hay autocorrelacion)

Serial1 <- serial.test(stress_var, lags.bg = 5 , type =
"PT.asymptotic")
Serial1

#heterocedasticidad (no hay heterocedasticidad)

Arch1 <- arch.test(stress_var, lags.multi = 15, multivariate.only =
TRUE)
Arch1

#Normality (parece que no tienen normalidad)

Norm1 <- normality.test(stress_var, multivariate.only = TRUE)
Norm1 #normalidad de cada una

#test de granger
#causality(VECM)

#impulso respuesta

NPL_UN <- irf(stress_var, impulse = "desempleo", response = "mora",
n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_UN, ylab = "NPL", main = "Desempleo shock a NPL")

NPL_INT <- irf(stress_var, impulse = "int", response = "mora",
n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_INT, ylab = "NPL", main = "Tasa de Int shock a NPL")

NPL_GP <- irf(stress_var, impulse = "crecimiento_econ", response =
"mora", n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_GP, ylab = "NPL", main = "Tasa Crecimiento Gasto Publico
shock a NPL")

NPL_PIB <- irf(stress_var, impulse = "crecimiento_pib", response =
"mora", n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_PIB, ylab = "NPL", main = "Crecimiento PIB shock a NPL")

NPL_EX <- irf(stress_var, impulse = "export", response = "mora",
n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_EX, ylab = "NPL", main = "Exportaciones shock a NPL")

NPL_IM <- irf(stress_var, impulse = "import", response = "mora",
n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_IM, ylab = "NPL", main = "Importaciones shock a NPL")

```

```

NPL_DUM <- irf(stress_var, impulse = "dummy", response = "mora",
n.ahead = 20, boot = TRUE)
plot(NPL_DUM, ylab = "NPL", main = "Dummy (variacion petroleo) shock
a NPL")

#Descomposicion de la varianza

FEVD1 <- fevd(stress_var, n.ahead = 10)
FEVD1$mora
var_mora <- data.frame(FEVD1$mora)
plot(FEVD1)

#Forecast
library(dygraphs)
FUTURE <- predict(stress_var, n.ahead = 8, ci = 0.95)
fanchart(FUTURE, names = "mora", main = "Fanchart Mora PESIMISTA",
xlab = "Trimestres", ylab = "NPL Ratio")
FUTURE #maximos mora = 0.04488916, min = 0.02584303
FUTURE_P <- data.frame(FUTURE$fcst)

forecast <- read.csv("C:/Users/Carlos G.
Achon/Desktop/TESIS/VAR/forecast.csv")

basedata <- data.frame(
  time= as.ts(),
  trend= forecast$mora,
  max=forecast$upper,
  min= forecast$lower
)

baseg <- xts(x= basedata[,-1], order.by = data$time)

p <- dygraph(baseg) %>%
  dySeries(c("min", "trend", "max"))
p

#FUTURE_CON <- forecast.var

#Exporto ambos casos
write.csv(Variables1,"variables1.csv", row.names = FALSE)
write.csv(FUTURE_P, "predicciones.csv", row.names = FALSE)

#simulaciones
montecarlo <- read.csv("base_montecarlo.csv", header = TRUE)
#simul <- VECM.boot(stress1, show.parMat = FALSE, seed =8000, check
= FALSE)

mean(montecarlo$mora)
sd(montecarlo$mora)
morapred <- ts(montecarlo$mora, start = c(2006,3), frequency = 4)
#funcion
N <- 100
monte_carlosim <- numeric(N)
for (i in 1:N){
  moraMC<-runif(56, min=0.02284, max=0.04460)
  #moraMC <-ts(morarng, start=c(2006,4), frequency = 4)
  VariablesMC<-cbind(moraMC, desempleo, int, crecimiento_econ,
crecimiento_pib, export, import, dummy)

```

```

stressMC<- VECM(VariablesMC, 2, r=2, estim = ("ML"))
stress_var_sim <-vec2var(cointegracion_1, r=2)
FUTUREMC <- predict(stress_var_sim, n.ahead = 8, ci = 0.95)
forecast_mc <- data.frame(FUTUREMC$fcst)
mora.fcst[[i]] <-data.frame(forecast_mc$mora.fcst)

}

#graficos bonitos
library(ggthemes)
library(colourpicker)

base_graficos <- read_xlsx("GRAFICOS MOV.xlsx")

#DIFERENTES ESCENARIOS
mycolors = c("#23BDE8", "#21CF78", "#CC372D")

base_graficos %>%
  mutate(esbase = (dif == 'BASE')) %>%
  ggplot(aes(x=t, y=mora, color=dif))+
  geom_line(aes(linetype = esbase), size = 1.3, alpha=1)+
  labs(title= "ESCENARIOS DE STRESS",
        subtitle = "ESCENARIOS SEGUN STRESS",
        x= "TRIMESTRE",
        y= "NPL RATIO",
        color = "ESCENARIOS")+
  theme_fivethirtyeight() +
  theme(axis.title = element_text())+
  scale_linetype_manual(values= c("dashed", "solid"), guide="none")+
  scale_color_brewer(palette="Set1")

#Proyecciones BASE
proyeccion_base <-read_xlsx("base.xlsx")

proyeccion_base %>%
  mutate(esbase = (dif == 'BASE')) %>%
  ggplot(aes(x=t, y=mora, color=dif))+
  geom_line(aes(linetype = esbase), size = 1.3, alpha=1)+
  labs(title="ESCENARIO BASE",
        subtitle = "PROYECCIONES ESCENARIO BASE",
        x= "TRIMESTRE",
        y= "NPL RATIO",
        color= "INTERVALOS")+
  theme_fivethirtyeight() +
  theme(axis.title = element_text())+
  scale_linetype_manual(values= c("dashed", "solid"), guide="none")+
  scale_color_brewer(palette="Set2")

#Proyecciones OPTIMISTAS
proyeccion_base <-read_xlsx("baseOPT.xlsx")

proyeccion_base %>%
  mutate(esbase = (dif == 'OPTIMISTA')) %>%
  ggplot(aes(x=t, y=mora, color=dif))+
  geom_line(aes(linetype = esbase), size = 1.3, alpha=1)+
  labs(title="ESCENARIO OPTIMISTA",
        subtitle = "PROYECCIONES ESCENARIO OPTIMISTA",
        x= "TRIMESTRE",

```

```

    y= "NPL RATIO",
    color= "INTERVALOS")+
  theme_fivethirtyeight() +
  theme(axis.title = element_text())+
  scale_linetype_manual(values= c("dashed", "solid"), guide="none")+
  scale_color_brewer(palette="Set2")

#Proyecciones PESIMISTA
proyeccion_base <-read_xlsx("basePES.xlsx")

proyeccion_base %>%
  mutate(esbase = (dif == 'PESIMISTA')) %>%
  ggplot(aes(x=t, y=mora, color=dif))+
  geom_line(aes(linetype = esbase), size = 1.3, alpha=1)+
  labs(title="ESCENARIO PESIMISTA",
        subtitle = "PROYECCIONES ESCENARIO PESIMISTA",
        x= "TRIMESTRE",
        y= "NPL RATIO",
        color= "INTERVALOS")+
  theme_fivethirtyeight() +
  theme(axis.title = element_text())+
  scale_linetype_manual(values= c("dashed", "solid"), guide="none")+
  scale_color_brewer(palette="Set2")

```

**ANEXO C – MATRIZ DE COEFICIENTE DE VARIABLES ENDOGENAS CON LAGS / VEC2VAR**

Coefficient matrix of lagged endogenous variables:								
A1:								
	mora.l 1	desem pleo.l1	int.l1	crecimient o_econ.l1	crecimien to_pib.l1	export. l1	import.l 1	dumm y.l1
mora	0.6258 0689	0.0030 37185	- 0.0580 8625	- 0.0867246	- 0.027478 37	0.0058 33027	0.00220 0569	0.0033 62098
desemple o	0.0233 6226	0.8088 00932	- 0.2604 0227	0.0915827 8	0.034834 28	- 0.0175 17319	0.00882 1352	- 0.0045 97882
int	- 0.9825 2325	0.4285 72234	- 0.0375 5216	1.0269102 6	0.128287 92	0.0177 66106	0.01802 6225	- 0.0026 00565
crecimien to_econ	- 0.0277 7334	0.0567 00578	- 0.0703 1377	1.0947750 5	0.015895 43	- 0.0017 66544	0.00166 3789	- 0.0014 14501
crecimien to_pib	- 2.9822 7104	- 0.5466 74396	- 0.7440 9941	0.5541737	0.141845 92	0.0711 77668	- 0.01247 333	- 0.0086 56966
export	- 6.9643 1417	3.5210 17134	- 2.6138 5193	19.456540 79	4.621459 98	0.7272 5653	0.24470 5248	- 0.0438 99351
import	- 26.167 32041	3.2611 84324	- 5.4825 1673	6.2545473 6	0.922816 2	- 0.1145 71032	0.54126 0117	- 0.0526 87541
dummy	- 7.1738 713	- 6.7875 01446	- 10.065 26806	1.7471475 7	- 1.272254 39	- 0.1876 67551	1.73262 7267	- 0.2731 3186
A2:								
	mora.l 2 d	esempl eo.l2	int.l2	crecimient o_econ.l2	crecimien to_pib.l2	export. l2	import.l 2	dumm y.l2
mora	0.5268 5283	- 0.1678 809	- 0.0418 95798	- 0.2169212 8	0.004863 272	- 0.0054 00041	0.00017 3183	- 0.0002 24158
desemple o	0.2578 3748	0.1063 287	0.2031 5559	0.4153202 6	0.121029 045	0.0343 28775	- 0.01672 4891	- 0.0010 82214
int	0.3278 371	- 0.7856 736	0.3701 09133	1.9424087 5	0.055266 94	0.0061 61939	0.02059 388	0.0009 47504
crecimien to_econ	0.0950 0783	- 0.1119 392	0.0071 22692	0.0181969 3	- 0.050946 744	0.0031 42849	0.00171 2015	- 0.0019 70725

crecimien to_pib	- 0.0952 6529	- 0.8371 952	- 0.6204 73443	- 2.3694330 5	- 0.285627 368	0.0188 30433	- 0.02582 727	0.0122 84383
export	- 2.7033 7613	- 2.9928 47	0.0969 24437	- 20.063682 41	2.080886 769	0.2459 76523	0.04076 8823	0.0903 91936
import	15.173 02291	- 0.4711 939	- 2.6228 02439	2.5980497 1	- 3.487433 689	0.4257 36939	- 0.30141 7885	0.0227 58005
dummy	15.136 59805	17.542 9767	0.7139 57908	57.849827 26	4.272113 803	- 0.1984 37918	- 0.13335 0607	- 0.3253 11727
A3:								
	mora.l 3	desem pleo.l3	int.l3	crecimien to_econ.l3	crecimien to_pib.l3	export. l	3 import.l 3	dumm y.l3
mora	- 0.1680 5593	- 0.0684 6685	- 0.1099 1454	0.3664595 5	- 0.054652 572	0.0009 66839	4 - 0.00817 45834	-7.39E- 05
desemple o	- 0.4494 0043	- 0.4820 5157	- 0.1833 5821	- 0.9400069	0.176240 969	- 0.0308 55385	3 0.02139 34419	2.64E- 03
int	0.9275 9521	- 0.1049 1526	- 0.0553 9365	- 0.0720954 2	0.056722 698	- 0.0148 37725	2 0.01853 40967	-2.05E- 03
crecimien to_econ	0.0250 7687	0.0159 119	0.0586 1476	0.0315128 1	0.018041 109	0.0021 96729	1 - 0.00050 83307	-2.29E- 03
crecimien to_pib	1.3677 2175	- 1.2308 8501	- 0.6989 4601	- 1.8792195 6	0.005674 119	0.0023 98074	6 - 0.00383 07407	-8.42E- 03
export	- 2.9653 0178	- 3.9143 2595	- 4.0334 8259	- 7.1825459 6	1.066078 6	0.0357 15512	3 0.21198 60186	-3.50E- 02
import	10.060 93637	- 13.867 24592	- 0.5406 5703	- 30.173803 1	0.471881 441	- 0.3559 76615	5 0.52001 11079	-5.43E- 02
dummy	- 10.803 56799	- 21.783 03123	- 6.6368 4099	- 34.171322 33	- 3.665037 022	- 0.5685 27006	9 0.75605 80410	-2.37E- 01
A4:								
	mora.l 4	desem pleo.l4	int.l4	crecimien to_econ.l4	crecimien to_pib.l4	export. l4	import.l 4	dumm y.l4
mora	0.0931 8765	0.0508 8012	- 0.0611 9987	0.0919173 4	0.065365 22	0.0019 786	- 0.00620 279	7.62E- 05
desemple o	0.1437 631	0.4411 4193	0.0490 8934	0.3507788 5	- 0.147108 71	0.0188 36847	- 0.01656 2508	-8.85E- 04

int	- 0.2663 6455	0.2091 3752	0.3493 699	0.8225141 4	- 0.106147 53	0.0016 02826	- 0.02913 5095	-1.26E- 03
crecimien to_econ	- 0.2346 8157	0.0806 5218	0.1534 6704	0.0555823 2	- 0.031518 93	- 0.0080 03192	- 0.00315 5469	-9.54E- 04
crecimien to_pib	2.0246 364	0.6058 5829	- 0.8487 0511	2.3851163	- 0.609739 43	- 0.0024 68777	- 0.03044 7562	-2.08E- 02
export	13.387 59657	- 1.8578 1722	- 1.0655 5501	4.3712365 4	- 3.114366 81	0.2245 45981	- 0.19526 7753	-8.17E- 02
import	1.1139 8	6.9249 0411	2.5287 4603	18.611116 51	- 1.704200 82	0.2217 84261	0.10579 8183	-9.88E- 02
dummy	- 42.556 61774	33.713 6064	6.7737 7728	- 7.4708657 6	4.011230 68	- 0.8554 1438	- 0.14094 202	-7.82E- 02



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Achón Velásquez Carlos Germán**, con C.C: # **1311789091** autor del trabajo de titulación: **Modelo de Stress Testing Enfocado en Morosidad Para El Segmento Comercial de Créditos, Ecuador 2003-2019**, previo a la obtención del título de **Economista** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **18 de septiembre** del **2020**

f. Carlos Achón Velásquez

Nombre: **Achón Velásquez Carlos Germán**

C.C: **1311789091**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	<b>Modelo de Stress Testing Enfocado en Morosidad Para El Segmento Comercial de Créditos, Ecuador 2003-2019.</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	<b>Carlos Germán Achón Velásquez</b>		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	<b>Econ. Jorge Luis Delgado Salazar, Mgs / Econ. Juan Miguel Esteves Palma, Mgs</b>		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	<b>Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas</b>		
<b>CARRERA:</b>	<b>Economía</b>		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	<b>Economista</b>		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>18 de septiembre del 2020</b>	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<b>100</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	<b>Economía, Finanzas, Metodología</b>		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	<b>Stress Test, VECM, Finanzas, Riesgo de Crédito, Metodología, Sistema Financiero</b>		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El estudio se enfoca en realizar un modelo de riesgo crediticio stress test mediante el uso de variables macroeconómicas para poder determinar la morosidad dentro del sistema financiero enfocado dentro del segmento de créditos comerciales de Ecuador para los periodos 2003-2019. Con el cual poder generar escenarios y estresarlos de acuerdo con las variables macroeconómicas y ver su impacto dentro de las proyecciones. Se estima un modelo por medio de Vector de Corrector de Errores (VECM) y simulaciones proyectadas por medio de simulación Monte Carlo. Como resultado se puede observar que las variables que presentan significancia dentro de cointegraciones a largo plazo dentro del modelo se especifican PIB, Desempleo, Tasa de Interés muestran significancia tanto en largo como causalidades de corto plazo. La metodología propuesta puede ser utilizada para diferentes segmentos de créditos y adaptada en diferentes ámbitos financieros para futuros estudios con respecto a mitigación de riesgo crediticio en Ecuador.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>SI</b>	<input type="checkbox"/> <b>NO</b>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b>	<b>+593-998813167</b>	<b>E-mail: carlosachong97@gmail.com</b>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Achón Velásquez Carlos Germán</b>		
	<b>Teléfono: +593-998813167</b>		
	<b>E-mail: carlosachong97@gmail.com</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			