

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE POSGRADO EN INGENIERIA Y CIENCIAS**

**MODELO PARA EL MEJORAMIENTO DEL ENVIO Y RECEPCIÓN  
DE REMESAS DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER EN  
RIESGO FINANCIERO**

**JUAN FRANCISCO AGUILAR VITERI**  
**juanfav@hotmail.com**

**DIRECTOR: DR. NELSON SUBIA**

**Quito, Agosto 2009**

## DECLARACIÓN

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

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**Juan Francisco Aguilar Viteri**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor JUAN FRANCISCO AGUILAR VITERI, bajo mi supervisión.

---

**Dr. Nelson Subía**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS por guiarme hacia el camino, a través de años de estudio y sacrificio.

A la Escuela Politécnica Nacional, funcionarios, y profesores por la formación académica brindada, que fueron el pilar para mi desarrollo académico y profesional.

En especial, al Doctor Nelson Subía por su acertada dirección en este trabajo de titulación, me ha brindado la ayuda necesaria para su desarrollo.

Por último, a todas aquellas personas que me han ayudado para la consecución de este objetivo.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me ha dado la fuerza constante para alcanzar mis objetivos, a mis padres, HUMBERTO AGUILAR y YOLANDA VITERI, por el amor, apoyo, confianza y ayuda, en la senda de mi educación, y a mis hermanos HUMBERTO JAVIER y ANDRES ESTEBAN AGUILAR VITERI, por ser siempre mis amigos y guiarme en todos los momentos

Juan Francisco Aguilar Viteri

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN .....	XII
PRESENTACIÓN .....	XIII
CAPÍTULO 1 .....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. SISTEMA DE PAGOS INTERBANCARIOS (SPI).....	9
1.2. SISTEMA DE PAGOS NETOS (SPN).....	9
1.3. SISTEMA DE CÁMARAS DE COMPENSACIÓN (SCC) .....	11
1.4. SISTEMA DE LINEA BILATERALES DE CRÉDITO (SLBC) .....	12
1.5. SISTEMA DE CUSTODIA DE TITULOS VALORES (SCTV) .....	13
1.6. SISTEMA DE PAGOS EN LINEA Y TIEMPO REAL (SPL).....	14
1.7. ESPECIES MONETARIAS .....	15
1.8. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	17
1.9. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	18
1.9.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.9.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	19
1.10. HIPÓTESIS .....	19
CAPÍTULO 2 .....	20
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	20
2.1. INTRODUCCIÓN.....	20
2.2. ELEMENTOS IMPORTANTES EN LA ADMINISTRACIÓN DE ESPECIES MONETARIAS .....	23
2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES RELEVANTES EN LA GESTIÓN DE ESPECIES MONETARIAS .....	31
CAPÍTULO 3 .....	36
CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN .....	36

3.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.....	37
3.2. ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL .....	38
3.3. ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN .....	40
3.4.1. DESCOMPOSICION DE LA SUMA DE CUADRADOS.....	40
3.4.2. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN .....	41
3.4.3. INFERENCIA ESTADISTICA .....	43
3.4. VARIABLES DICOTOMICAS.....	45
3.5. PREDICCIÓN EN EL MODELO DE REGRESION .....	47
3.6. ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN PARA EL FLUJO DE PAGOS Y DEPÓSITOS .....	49
3.7. COMPARACIÓN CON EL MODELO BOX Y JENKINS .....	63
CAPÍTULO 4 .....	75
CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO EN EL MEJORAMIENTO DE LA ADMINISTRACION DE ESPECIES MONETARIAS .....	75
4.1 MÉTODOS EVOLUTIVOS PARA ENCONTRAR ADECUADAS SOLUCIONES .....	76
4.1.1 MODELO DE REDUCCIÓN DE COSTOS PARA EL MANEJO DE ESPECIES MONETARIAS .....	78
CAPÍTULO 5 .....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
5.1 CONCLUSIONES .....	87
5.2 RECOMENDACIONES .....	91
CAPÍTULO 6 .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
ANEXOS .....	95
ANEXO No. 1 .....	96
RIESGOS FINANCIEROS.....	96
ANEXO No. 2 .....	98
PRINCIPIOS BÁSICOS Y LAS RESPONSABILIDADES DE LOS BANCOS CENTRALES.....	98
ANEXO No. 3 .....	101

ANEXO No. 3.1 .....	102
MULTICOLINEALIDAD.....	102
ANEXO No. 3.2 .....	107
HETEROCEDASTICIDAD .....	107
ANEXO No. 3.3 .....	115
AUTOCORRELACIÓN.....	115
ANEXO No. 3.4 .....	121
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL .....	121
ANEXO No. 4 .....	124
FORMULACIÓN MATEMÁTICA.....	126

## LISTADO DE CUADROS

CUADRO 1.1: Sistema de Balances del Banco Central.....	2
CUADRO 1.2: Ciclo de vida de una operación de pago.....	4
CUADRO 1.3: Sistema, medios, instrumentos y canales de pago.....	7
CUADRO 1.4: Portal de servicios bancarios del Banco Central.....	8
CUADRO 1.5: Sistema de pagos interbancarios (SPI).....	9
CUADRO 1.6: Sistema de pagos por valores netos (SPN).....	10
CUADRO 1.7: Sistema de cámaras de compensación de cheques.....	12
CUADRO 1.8: Sistema de líneas bilaterales de crédito (SLBC).....	13
CUADRO 1.9: Sistema de custodia de títulos valores (SCT).....	14
CUADRO 1.10: Sistema de pagos en línea y tiempo real (SPL).....	15
CUADRO 1.11: Sistema de aprovisionamiento de especies monetarias.....	16
CUADRO 2.1: Convergencia internacional de medidas y normas de capital.....	22

## LISTADO DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1: Modelo EOQ (Economic Order Quantity).....	29
GRÁFICO 2.2: Distribución por denominación de Depósitos.....	32
GRÁFICO 2.3: Flujo de Retiros y Depósitos.....	33
GRÁFICO 2.4: Diagrama de dispersión de Flujos y Retiros.....	35
GRÁFICO 3.1: Histograma de Residuos de Retiros.....	55
GRÁFICO 3.2: Histograma de Residuos de Depósitos.....	56
GRÁFICO 3.3: Diagrama de dispersión de residuos de pagos en t y t-1.....	58
GRÁFICO 3.4: Diagrama de dispersión de residuos de depósitos en t y t-1.....	58
GRÁFICO 3.5: Predicción de retiros.....	60
GRÁFICO 3.6: Predicción de depósitos.....	61
GRÁFICO 3.7: Correlograma.....	64
GRÁFICO 3.8: Correlograma.....	65
GRÁFICO 3.9: Correlograma.....	65
GRÁFICO 3.10: Correlograma.....	66
GRÁFICO 3.11: Correlograma.....	66
GRÁFICO 3.12: Correlograma.....	67
GRÁFICO 3.13: Correlograma.....	67
GRÁFICO 3.14: Correlograma.....	68
GRÁFICO 3.15: Histograma de Residuos de Retiros (Box y Jenkins).....	70
GRÁFICO 3.16: Histograma de Residuos de Depósitos (Box y Jenkins).....	71
GRÁFICO 3.17: Proyección extramuestral de Retiros.....	73
GRÁFICO 3.18: Proyección extramuestral de Depósitos.....	73
GRÁFICO 4.1: Evolución de la Búsqueda de soluciones.....	81
GRÁFICO 4.2: Distribución de costo por unidades perdidas.....	82
GRÁFICO 4.3: Distribución de unidades perdidas.....	83
GRÁFICO 4.4: Distribución de costo de mantenimiento.....	83
GRÁFICO 4.5: Distribución de No. de importaciones.....	84
GRÁFICO 4.6: Distribución de No. Exportaciones.....	85

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 2.1: Costes por Remesas.....	27
TABLA 2.2: Costes Unitarios por Remesas.....	28
TABLA 2.3: Estadísticos descriptivos de flujos (Depósitos y Retiros).....	34
TABLA 3.1: Estimadores del Modelo de Retiros.....	51
TABLA 3.2: Estimadores del Modelo de Depósitos.....	52
TABLA 3.3: Estadísticos Descriptivos de los Modelos de Retiros y Depósitos.....	53
TABLA 3.4: Contraste de Significatividad Conjunta (Test de Wald).....	54
TABLA 3.5: Contraste de White para Retiros.....	57
TABLA 3.6: Contraste de White para Depósitos.....	57
TABLA 3.7: Contraste de Breusch – Godfrey para Depósitos.....	59
TABLA 3.8: Estimadores del Modelo de Retiros (Box y Jenkins).....	69
TABLA 3.9: Estimadores del Modelo de Depósitos con constante..... (Box y Jenkins).....	69
TABLA 3.10: Estadísticos de los Modelos de Retiros y Depósitos..... (Box y Jenkins).....	69
TABLA 3.11: Estimadores y Estadísticos del Modelo de Depósitos sin..... Constante (Box y Jenkins).....	71
TABLA 3.12: Estadísticos de Predicción extra-muestral.....	74
TABLA 4.1: No. Mínimo de interacciones para Encontrar Buenas..... Estimaciones en el Optimizador Optquest.....	77
TABLA 4.2: Resumen de Variables del Sistema de Inventario.....	80
TABLA 4.3: Estimación de los parámetros del modelo de inventario.....	80

## RESUMEN

El Ecuador, al optar como política monetaria la dolarización, ha logrado cambios significativos en los índices macroeconómicos, incrementando el producto interno bruto (PIB), disminuyendo los índices de inflación, tasas de interés, etc., lo que empuja al aparato productivo a mayores esfuerzos para volverlo más competitivo.

Este trabajo de investigación trata de aplicar herramientas cuantitativas en la medición y administración del riesgo de liquidez, a fin de lograr una eficiente administración que permita establecer estrategias para cumplir con todos los compromisos contractuales del Banco Central con las entidades financieras nacionales. Adicionalmente, el desarrollo del modelo de especies monetarias consistió en aplicar modelos de regresión, técnicas metaheurísticas y métodos de simulación de Montecarlo para determinar la probabilidad de incurrir en pérdidas por falta de recursos en especies monetarias. El trabajo también hace referencia al ciclo del proceso a fin de determinar los meses más sensibles a iliquidez.

## PRESENTACIÓN

El presente estudio describe de manera general el proceso de importación y exportación de remesas con el propósito de conocer posibles pérdidas por incumplimiento. El modelo de gestión de inventario pretende reducir los costes relacionados con el suministro de inventario, y así, mejorar la implementación de los portafolios de inversión.

El modelo de gestión de inventario de la Dirección de Especies Monetarias del BCE pretende reducir los costes relacionados con el suministro de inventario. El cumplimiento con los objetivos mejorará la implementación de los portafolios de inversión y cuantificar el riesgo de liquidez. Uno de los principales problemas en la gestión de inversiones e inventarios es la medición de los riesgos a través de indicadores que cuantifiquen y sean sensibles a los diferentes factores del entorno.

En lo correspondiente al temario de la tesis, el primer y segundo capítulos describen en general las funciones de la banca central que permiten así comprender el papel que ésta cumple en el Ecuador. Además se esquematiza el proceso de la Dirección de Especies Monetarias mediante las características y componentes que intervienen en el saldo operativo ante el enfoque de riesgo de liquidez y reputación.

En la segunda fase de la investigación se utiliza técnicas de pronósticos que han sido desarrolladas en los últimos años, así como los apuntes realizados en el transcurso de la formación académica. El modelo de predicción de flujos es desarrollado en base a datos de retiros y depósitos para determinar su comportamiento y lograr una mayor información de los ciclos y eventos que se sitúan en el año. La información se evalúa de forma cualitativa y cuantitativa en base a los procesos de decisión, facilitando el progreso continuo e implementando fortalezas en la organización.

En la última fase de la investigación, se utiliza métodos metaheurísticos, los cuales son técnicas de búsqueda de soluciones. Además, el modelo desarrolla una herramienta cuantitativa que permite determinar un nivel adecuado de inventario ante la disyuntiva de iliquidez. La herramienta puede ser utilizada en otras aplicaciones del sector financiero, como la administración de tesorería.

## CAPÍTULO 1

### ASPECTOS GENERALES

En el contexto internacional, los bancos centrales tienen la finalidad de mantener la estabilidad económica y monetaria de las naciones. El Estatuto Orgánico del Banco Central del Ecuador busca promover y coadyuvar a la estabilidad económica del país, para lo cual realiza el seguimiento del programa macroeconómico, contribuyendo con el diseño de políticas y estrategias para el desarrollo de la nación.

El Banco Central del Ecuador es el encargado de ejecutar el régimen monetario, que involucra administrar el sistema de pagos, invertir la reserva de libre disponibilidad y, actuar como depositario de los fondos públicos, agente fiscal y financiero del Estado. Al mismo tiempo, debe evaluar la política monetaria, planificar la gestión de activos y pasivos, y a su vez, analizar los distintos factores de riesgos que enfrenta el Sistema Financiero Nacional.<sup>1</sup>

Los procesos que afrontan los bancos centrales implican que la gestión de riesgos esté sobre una base intertemporal en la que se espera que el sistema financiero absorba las sorpresas financieras. El control y monitoreo de la liquidez de un país es una de las principales actividades que desempeña la banca central, a fin de asegurar que las transacciones comerciales se realicen con total normalidad.

De hecho, la gestión de riesgos de la banca central se consolida a partir de la innovación de los servicios financieros ante la necesidad de cuantificar riesgos más sensibles. Al mismo tiempo, el papel que desempeña como supervisor no solamente debe abarcar a las instituciones y mercados financieros, sino también el estado de la infraestructura financiera, procurando que estas actividades estimulen la suficiente liquidez de los mercados de capitales.

---

<sup>1</sup> Registro Oficial N° 356. Año II, Quito, miércoles 27 de julio del 2001.

En el Ecuador, la Ley Orgánica de Régimen Monetario y Banco del Estado establece el nuevo esquema contable del Banco Central del Ecuador, el cual, instituye cuatro sistemas de balances que mantienen su contabilidad separada e independientemente entre sí. El sistema de balances se distribuye en: Sistema de Canje, Sistema de Reserva Financiera, Sistema de Operaciones y Sistema de Otras Operaciones del BCE.

**CUADRO 1.1**



**Fuente: Retos para el nuevo Banco Central del Ecuador <sup>2</sup>**

**Elaboración: Autor**

“El Sistema de Canje registra las especies monetarias nacionales emitidas por el Banco Central que se encuentren en circulación. En el activo se respalda el 100% del pasivo como monto de Reserva Internacional de Libre Disponibilidad, valorada a la relación de cambio establecida por el Art. 1 de la Ley Orgánica de Régimen Monetario y Banco del Estado;”<sup>3</sup> en él se dispone que: “El Banco Central del Ecuador no podrá emitir nuevos billetes sucres, salvo el acuñamiento de moneda fraccionaria, que solo podrá ser puesta en circulación en canje de billetes sucres en circulación o de dólares de los Estados Unidos de América, por moneda fraccionaria se entenderá la moneda metálica equivalente a fracciones de un dólar calculado a la cotización de S/. 25.000,00.

<sup>2</sup> <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Memoria/2000/2daparte.pdf>.

<sup>3</sup> Ley Orgánica de Régimen Monetario y Banco del Estado, Codificación 22, Registro Oficial Suplemento 196 de 26 de Enero del 2006.

El Sistema de Reserva Financiera se constituye por los depósitos de las instituciones financieras públicas y privadas y del saldo de los bonos de estabilización monetaria emitidos por el BCE, que está respaldado por el monto Reserva de Libre Disponibilidad deducida a las asignadas al Sistema de Canje.

El Sistema de Operaciones registra los depósitos del sector público no financiero y de particulares en el Banco Central y otras obligaciones financieras, incluyendo aquellas con instituciones monetarias internacionales. En el activo se contabilizan el saldo excedente mantenido como Reserva de Libre Disponibilidad, deducidos aquellos que respaldan los sistemas de Canje y Reserva Financiera. También se incluyen las operaciones de reporto que realiza el BCE para reciclaje de liquidez y bonos del Estado.

El Sistema de Otras Operaciones registra el resto de cuentas del balance, en el cual se incluyen las cuentas de patrimonio y resultados.”<sup>4</sup>

De acuerdo a la naturaleza de los activos y pasivos, el manejo de la liquidez es una de las principales actividades que realizan las instituciones financieras. La liquidez del mercado de capitales trasciende más allá de las instituciones individuales ya que su desabastecimiento puede traer consigo graves crisis de confianza y ocasionar repercusiones sistémicas.<sup>5</sup> Sin embargo, la habilidad, el control y la gestión de la liquidez reducen la probabilidad de que escenarios adversos se transformen en situaciones irreversibles.

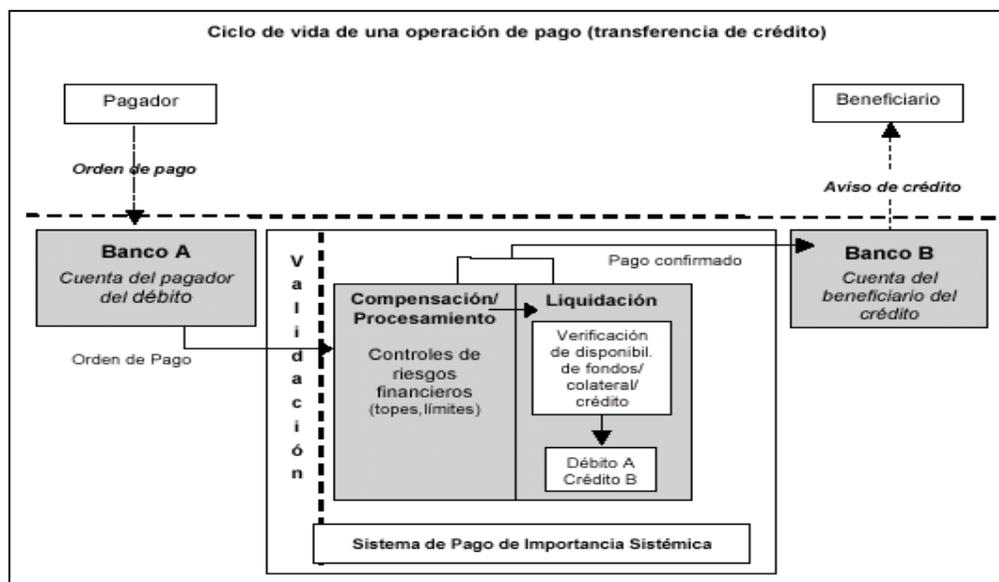
---

<sup>4</sup> Idem.

<sup>5</sup> **Riesgo sistémico:** el riesgo de que el incumplimiento de un participante para cumplir con sus obligaciones en un sistema de transferencia, o generalmente en los mercados financieros, pueda causar que otros participantes o instituciones financieras no sean capaces de cumplir con sus obligaciones al momento del vencimiento (incluyendo las obligaciones de liquidación en un sistema de transferencia). Tal incumplimiento puede causar problemas significativos de liquidez y crédito, y como resultado, podría amenazar la estabilidad de los mercados financieros. Lista de términos y abreviaturas aplicados en materia de Sistemas de Pagos. CEMLA, <http://www.cemla.org/pdf/sp-glosario.PDF>.

De manera general, las transferencias de fondos entre las instituciones del sistema financiero nacional se ejecutan por medio del sistema de pagos<sup>6</sup> que sirve como medio facilitador de intercambios monetarios<sup>7</sup> relacionados a una actividad económica o financiera. A continuación se presenta un esquema detallado del ciclo de vida de un pago en circunstancias normales.

**CUADRO 1.2**



**Fuente: BIS<sup>8</sup>**

**Elaboración: BIS**

<sup>6</sup> **Sistema de pagos:** es un conjunto de instrumentos, procedimientos y reglas que sirven para la ejecución de cobros y pagos entre los participantes del sistema financiero. Sin embargo, todos los habitantes de un país son usuarios de los sistemas de pagos. CEMLA y CPSS, <http://www.cemla.org/pdf/sp-glosario.PDF>.

<sup>7</sup> Entre las principales funciones que debe cumplir el dinero es ser medio de pago, que facilite el intercambio comercial entre los participantes de una economía. Los activos que cumplen esta función también son considerados como medio de pagos. Los billetes y monedas son instrumentos tangibles que representan a los medios de pagos. Banco de España.

<sup>8</sup> Principios Básicos para los Sistemas de Pagos de importancia Sistémica, Comité de Sistemas de Pago y Liquidación (CPSS), Bancos de Pagos Internacionales (BIS), 2001, Tommaso Padoa-Schioppa, Pag 25, <http://www.bis.org/publ/cps43es.pdf>.

El Comité de Sistemas de Pagos y Liquidación del Banco de Pagos Internacionales ha desarrollado una serie de **Principios Básicos** que intenta mantener un mayor alcance de las **Responsabilidades** de la banca central o de los operadores públicos y privados de los sistemas de pagos. Los sistemas de pagos pueden estar expuestos a una serie de riesgos<sup>9</sup>, entre los cuales se incluyen: el riesgo de crédito, de liquidez, legal, operacional y sistémico.<sup>10</sup>

Los sistemas de pagos son de vital importancia para mantener, promover y fortalecer la estabilidad de los mercados financieros. Su buen desempeño permite a las instituciones del sistema financiero funcionen con eficiencia, eficacia bajo el respaldo de los mercados de capitales. Aunque la implementación de los sistemas de pagos contribuye como un medio gestor de riesgos, este sistema puede ser el principal canal para transmitir perturbaciones sistémicas.

A medida de brindar la mayor seguridad a los depositantes, la banca central debe garantizar un sistema de pagos eficiente, seguro y con la suficiente cantidad de recursos para contribuir con la estabilidad de la política monetaria. Los Principios Básicos propuestos por el Comité de Basilea implican una serie de instrumentos, procedimientos y normas por los cuales se deben gestionar las transferencias de fondos en los sistemas de pagos.

La transferencia de activos que generalmente están representados por dinero<sup>11</sup> permite a las instituciones financieras realizar su principal función de intermediarios financieros en el corto, mediano y largo plazo. Un sistema de pagos se lo define como el “conjunto de instrumentos, procedimientos y normas que facilitan las transferencias de fondos entre bancos y otros participantes de los

---

<sup>9</sup> Para más detalle ver el Anexo 1.

<sup>10</sup> Para más detalle ver el Anexo 2.

<sup>11</sup> **Dinero**: es un instrumento de cambio que es generalmente aceptado por todos los individuos que conformen una economía. El dinero debe cumplir con las siguientes funciones: medio de pago, unidad de cuenta, depósito valor.

sistemas financiero nacional.”<sup>12</sup> Los sistemas de pagos mantienen una estructura en el cual interactúan el sector real<sup>13</sup> de la economía, las instituciones del sistema financiero,<sup>14</sup> y el banco central.

En la práctica, los sistemas de pagos constituyen un mecanismo de esencial apoyo para los sistemas de capitales al garantizar las transferencias de fondos por medio de operaciones electrónicas o manuales. La transferencia de fondos por medios electrónicos permite una eficaz interacción entre los agentes económicos e instituciones financieras al permitir transferencias de fondos de alto valor. A continuación se presenta el ciclo de vida de una transacción económica por la compra de un CD con tarjeta de débito o crédito.<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> Principios Básicos para los Sistemas de Pagos de importancia Sistémica, Comité de Sistemas de Pago y Liquidación (CPSS), Bancos de Pagos Internacionales (BIS), 2001, Tommaso Padoa-Schioppa, Pag 15, <http://www.bis.org/publ/cpss43es.pdf>.

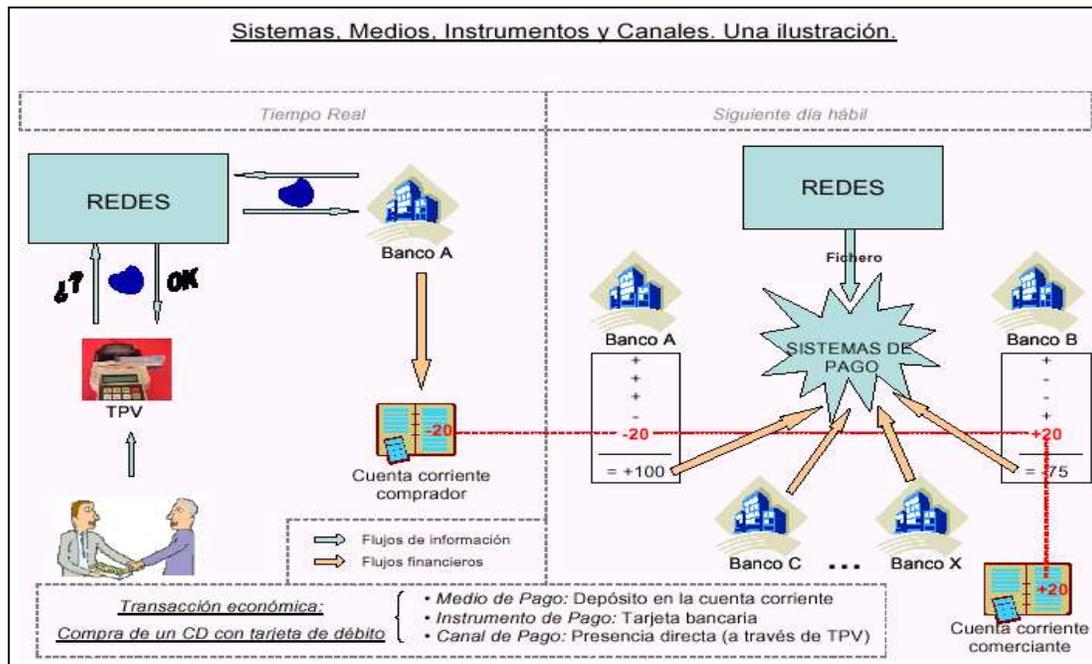
<sup>13</sup> **Sector real:** es la agrupación de actividades económicas dentro de las cuales se encuentran el sector primario o agropecuario, el sector secundario o industrial y algunas actividades del sector terciario o de servicios. El sector terciario incluye las actividades que no producen una mercancía en sí, pero que son necesarias para el funcionamiento de la economía.

<sup>14</sup> **Sistema financiero:** cuya función es la redistribución de los recursos, actuando como intermediario financiero entre los agentes económicos.

<sup>15</sup> **Tarjetas de débito:** constituyen como un medio de pago que es utilizada para extraer dinero de efectivo por medio de un cajero automático y para realizar compras en cualquier lugar afiliado o que tenga un lector de tarjetas bancarias. El uso de la tarjeta de debito constituye el debito automático a la cuenta del tarjetahabiente.

**Tarjetas de crédito:** es una tarjeta de plástico con una banda magnética que es utilizado como un medio de pago. En términos generales los usuarios de las tarjetas de crédito tienen límites en la cantidad que pueden cargar en la tarjeta cada mes, pero el tarjetahabiente no requiere abonar su total cada mes.

CUADRO 1.3



Fuente: Banco de España<sup>16</sup>

Elaboración: Banco de España

En los sistemas de pagos, la banca central participa como ente regulador, compensador y liquidador de las transferencias de fondos entre los participantes de sus cuentas corrientes. Entre sus principales funciones como su administrador consiste en proveer un activo eficiente y seguro de liquidación. Además, el papel que ejercen los bancos centrales es de vital importancia en el sistema de pagos debido a su interés de mantener una buena estabilidad financiera en aras de la eficiente articulación de la política monetaria.

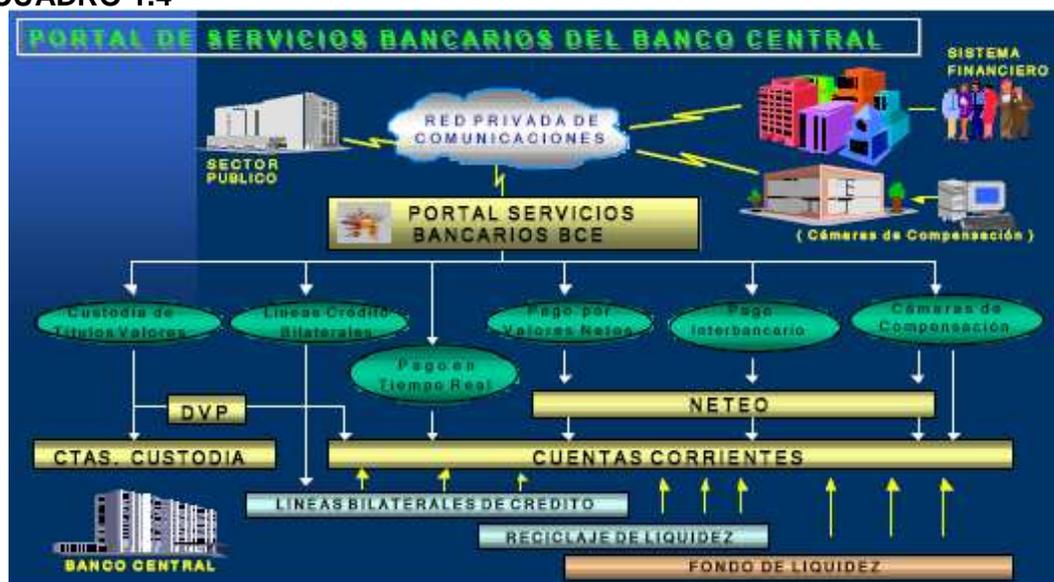
En el Ecuador, el sistema de pagos es un canal de redistribución de recursos entre intermediarios financieros que permite la integración de los agentes económicos y financieros. La red de comunicaciones del Banco Central del Ecuador mantiene el enlace directo y permanente con todas las instituciones

<sup>16</sup> El Dinero, Estabilidad del Sistema de Pagos, Banco de España, Pág. 8, <http://aulavirtual.bde.es/wav/documentos/pagos.pdf>.

calificadas del sistema financiero nacional. El sistema de pagos ecuatoriano cuenta con los siguientes subsistemas:<sup>17</sup>

- Sistema de Pagos Interbancarios SPI (*Transferencias de fondos entre terceros*)
- Sistema de Pagos Netos SPN (*Liquidación por valores netos*)
- Sistema de Líneas Bilaterales de Crédito SLBC (*registros anticipados en el BCE de facilidades de crédito entre instituciones del sistema financiero*)
- Sistema Nacional de Cámaras de Compensación SNCC (*mecanismo de procesamiento central por medio del cual las instituciones financieras acuerdan intercambiarse instrucciones de pago u otras obligaciones financieras*)
- Sistema de Pagos en Línea SPL (*liquidación bruta en tiempo real*)
- Sistema de Custodia y Títulos Valores SCTV (*Inmovilización de títulos valores BCE y negociación a través del mecanismo de entrega contra pago, en tiempo real*).

**CUADRO 1.4**



Fuente: BCE

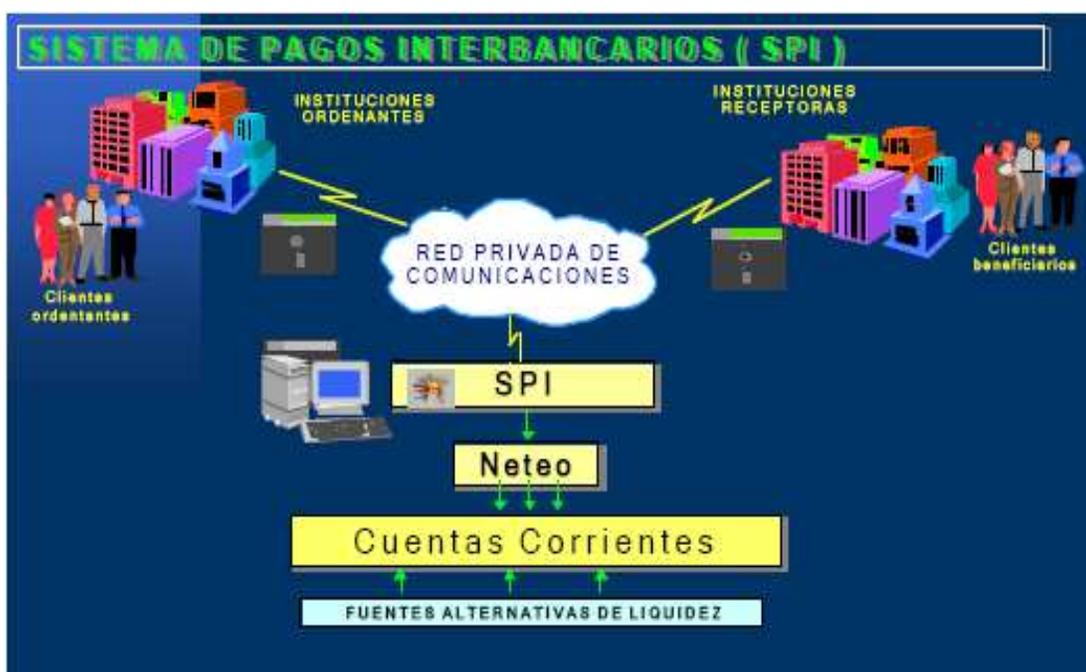
Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés

<sup>17</sup> Memoria Anual 2003, Miguel Robayo y Carlos Andrade, Banco Central del Ecuador, Banco Central del Ecuador, Quito, 2003, <http://www.bce.fin.ec/documentos/Publicaciones/Notas/Catalogo/Memoria/2003/cap6.pdf>

## 1.1. SISTEMA DE PAGOS INTERBANCARIOS (SPI)

El SPI es un mecanismo electrónico de transferencia de fondos, en el cual se integran las cuentas corrientes o de ahorros de los clientes del sistema financiero nacional. El BCE compensa las operaciones de pagos en cortes intradía que finalmente genera resultados netos a liquidar. Este sistema sustituye en gran medida el uso de cheques y efectivo.

**CUADRO 1.5**



**Fuente: BCE**

**Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés**

## 1.2. SISTEMA DE PAGOS NETOS (SPN)

El sistema de pagos netos es también un mecanismo de transferencia electrónica de fondos entre las cuentas que mantienen las instituciones financieras y del sector público en el Banco Central. La liquidación de valores netos se lo realiza luego de los procesos de compensación, en el cual el SPN compensa de manera

bilateral y multilateral.<sup>18</sup> Las transferencias de fondos no requieren de recursos al momento de su registro y las transferencias pueden ser registradas con fechas de ejecución futura. Otra característica del SPN es que el sistema financiero nacional puede llevar una gestión activa en sus flujos con el propósito de mantener saldos mínimos en el Banco Central del Ecuador.

**CUADRO 1.6**



**Fuente: BCE**

**Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés**

<sup>18</sup> La liquidación bilateral es un proceso donde la transferencia de fondos será liquidada durante el día y antes de la hora de corte, al momento que la institución ordenante reciba a su favor una transferencia de parte de la institución que es beneficiaria de dicha transferencias. En el evento que una o varias de éstas queden pendientes de compensación, se procesarán a la hora de corte en forma multilateral. En cambio, la liquidación multilateral se la realiza mediante las transferencias de fondos compensadas y liquidadas en función de las órdenes enviadas y recibidas en esa fecha, que serán liquidadas a la hora del corte.

### 1.3. SISTEMA DE CÁMARAS DE COMPENSACIÓN (SCC)

El SCC es un proceso de compensación interbancaria de cheques<sup>19</sup> mediante el cual las instituciones financieras intercambian órdenes de pagos, cuyos resultados son liquidados conforme a las posiciones netas multilaterales de las sesiones de cámara preliminar y definitiva.<sup>20</sup> El Sistema de Cámaras de Compensación se basa en un esquema de transferencia electrónica de datos, desde el centro compensador privado (ACHs). Este subsistema también permite a otros operadores no financieros como las bolsas de valores, cooperativas de ahorro y crédito, Banred y otros, generen resultados netos bilaterales o multilaterales para su liquidación sobre las cuentas que mantienen en el BCE.

---

<sup>19</sup> El cheque es un documento bancario que representa un medio de pago tradicional y es un medio de pago más utilizado después del efectivo. A través del él, el titular de la cuenta se compromete pagar una determinada cantidad de dinero que esta consignada entre ellos. El cheque extiende como una autorización para retirar un valor, sin la presencia de su titular. Los cheques son procesados diariamente en las Cámaras de Compensación.

<sup>20</sup> **Sesión de Cámara Preliminar.-** proceso mediante el cual se permite el intercambio de los cheques al cobro recibidos como depósitos en las ventanillas de las instituciones financieras que operan en una zona geográfica de compensación, este intercambio se realiza en horario unificado (20h00) en todas las oficinas designadas por los administradores zonales. Los resultados netos producto de este intercambio son remitidos al Banco Central del Ecuador en forma electrónica para que sean afectados de las cuentas corrientes que los participantes mantienen registradas en el Banco Central. BCE.

**Sesión de Cámara Definitiva.-** se realiza la devolución de los cheques que fueron presentados al cobro en la sesión de la cámara preliminar y cuyo pago fue negado considerando las respectivas causas de devolución. Este proceso se realiza igualmente en horario unificado (13h30 del día hábil siguiente) en todas las oficinas asignadas por los administradores zonales. Los resultados netos derivados de este intercambio son remitidos al Banco Central del Ecuador en forma electrónica para su afectación en las cuentas corrientes que los participantes mantienen en el Banco Central del Ecuador. BCE.

CUADRO 1.7



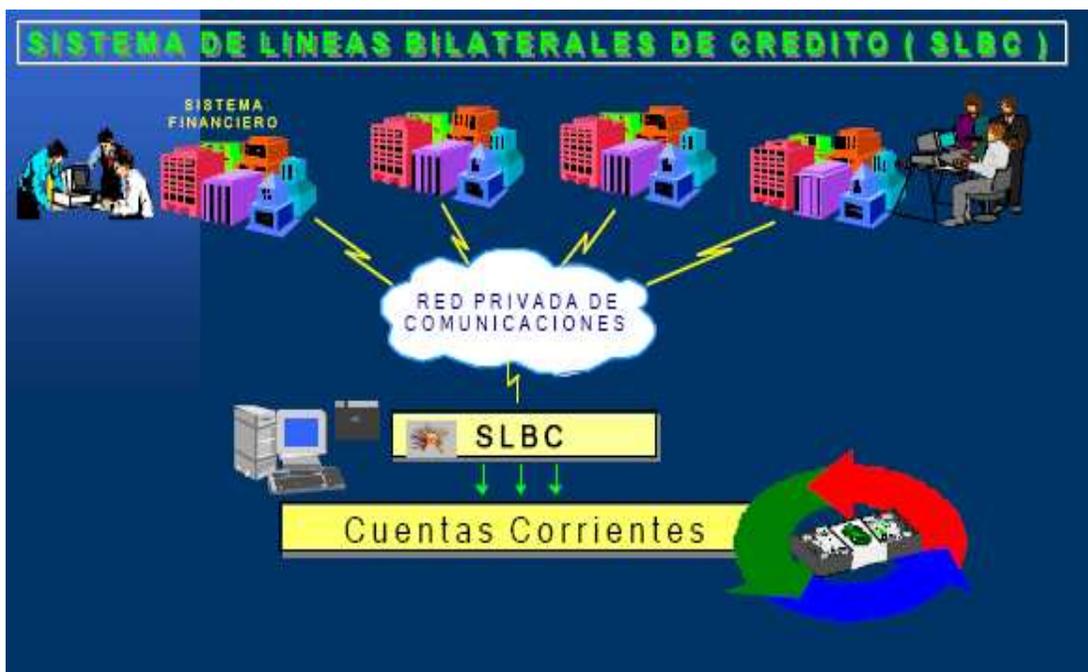
Fuente: BCE

Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés

#### 1.4. SISTEMA DE LINEA BILATERALES DE CRÉDITO (SLBC)

El sistema SLBC es un mecanismo de apoyo que permite a las instituciones financieras otorgarse cupos de créditos tendientes a cubrir deficiencias de fondos para sustentar su liquidez y así liquidar sus posiciones con las demás entidades participantes del sistema de pagos. Los cupos de créditos otorgados por las instituciones financieras están bajo la responsabilidad de las instituciones participantes y no constituyen responsabilidad o garantía del Banco Central del Ecuador.

CUADRO 1.8



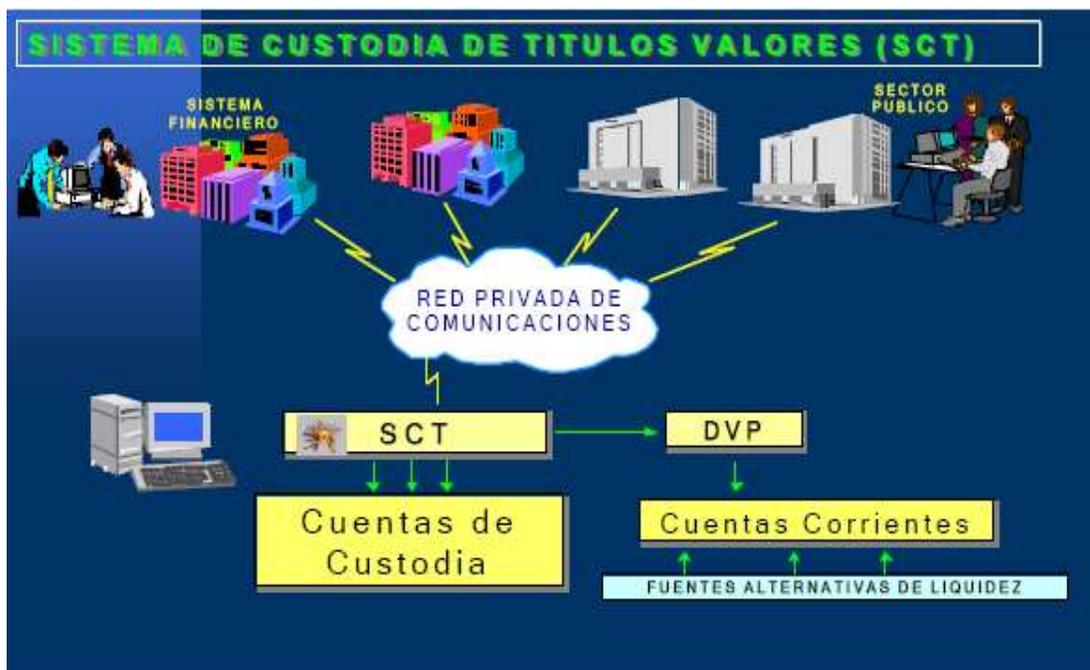
Fuente: BCE

Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés

### 1.5. SISTEMA DE CUSTODIA DE TITULOS VALORES (SCTV)

El SCTV es un mecanismo de transferencia electrónica de fondos que permite las transferencias de derecho de dominio sobre títulos valores que se encuentran en custodia en el BCE. Estas operaciones se ejecutan bajo el esquema “entrega contra pago” (ECP) que sirve para integrar las transferencias de derechos sobre las cuentas de custodia y de fondos en las cuentas corrientes. Dentro del mercado bursátil se pueden distinguir una serie de instrumentos, como: acciones, obligaciones, bonos, cédulas, cuotas de fondos de inversión colectivos, contratos de negociación a futuro o a término, permutas financieras, opciones de compra o venta y valores de contenido crediticio de participación y mixtos que provengan de procesos de titularización y otros que determine el Consejo Nacional de Valores (CNV).

CUADRO 1.9



Fuente: BCE

Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés

### 1.6. SISTEMA DE PAGOS EN LINEA Y TIEMPO REAL (SPL)

Como los demás sistemas, el SPL es un sistema de transferencias de fondos por medios electrónicos pero que tiene como característica un esquema de liquidación bruta en tiempo real, es decir uno a uno. Bajo este esquema, los participantes del sistema de pagos necesitan la disponibilidad total o inmediata de fondos suficientes para cubrir sus propios pagos ya que no existe la posibilidad de sobregiros o crédito por parte del BCE. Para este caso, el BCE puede realizar créditos a las cuentas corrientes de los participantes, originados por operaciones directas en depósitos de efectivo, operaciones de reporto, liquidación resultados de cámaras de compensación, etc.

CUADRO 1.10



Fuente: BCE

Elaboración: Miguel Robayo, Carlos Andrade y Ramiro Garcés

## 1.7. ESPECIES MONETARIAS

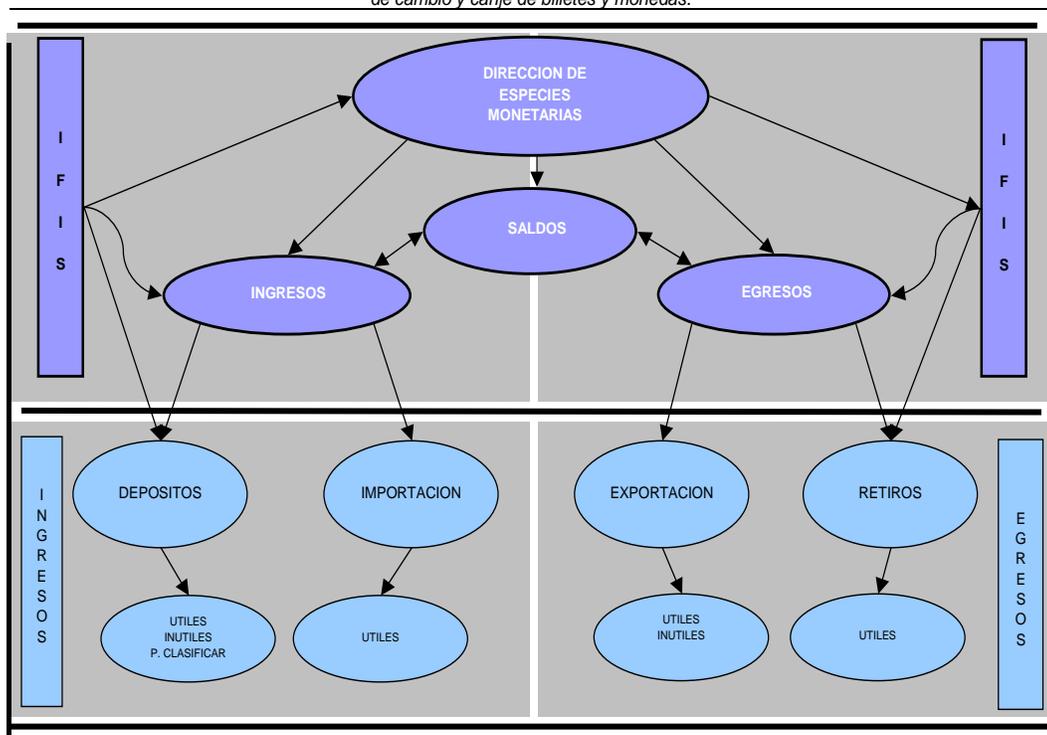
A partir del año 2000, el Ecuador opta como moneda de curso legal el dólar estadounidense. La moneda norteamericana es un elemento indispensable en nuestra vida ya es considerado como un medio de pago universalmente aceptado por todos y es una unidad de intercambio en las transacciones económicas. En este sentido, los billetes y monedas norteamericanos son considerados como un instrumento de alta liquidez que por sus características intrínsecas han favorecido las transacciones comerciales de bajo valor.

Como se menciona anteriormente, las cuentas corrientes que mantiene el Banco Central del Ecuador se ejecutan por medio de transferencias en el Sistema de Liquidación y Ejecución (SLE), así como la cámara de compensación de cheques

y el Sistema Nacional de Pagos<sup>21</sup>, pero también es posible realizar operaciones de retiros y depósitos en especies monetarias<sup>22</sup>. Bajo el esquema de dolarización, el Banco Central del Ecuador brinda los servicios de aprovisionamiento, almacenamiento, custodia y transporte que involucra actividades de clasificación y conteo. A continuación se presenta la interacción de los procesos del aprovisionamiento de especies monetarias.

**CUADRO 1.11**

**DIRECCION DE ESPECIES MONETARIAS:** "DEM es la encargada de proveer al sistema financiero nacional el servicio de recepcion, clasificacion, custodia y distribucion de billetes dolares y moneda fraccionaria, brindando al publico en general el servicio de cambio y canje de billetes y monedas."



**Fuente:** El autor

**Elaboración:** El autor

<sup>21</sup> Servicios de Banca Central, <http://www.bce.fin.ec/contenido.php?CNT=ARB0000005>

<sup>22</sup> Se define a las Especies Monetarias como los billetes dólares americanos y moneda fraccionaria que pueden estar en el público o en poder de las Instituciones del Sistema Financiero Nacional.

En el cuadro 1.11 se observa como el Banco Central del Ecuador interactúa en la administración de especies monetarias con el sistema financiero nacional. En la parte superior se presenta los componentes que afectan directamente al saldo de efectivo en bóvedas. Los flujos de las instituciones financieras se ejecutan por medio de depósitos y retiros de billetes y monedas en donde las instituciones financieras debitan o acreditan valores de sus saldos en cuenta corriente. Otro medio de ejecución que afecta directamente al saldo de especies monetarias es a través de las decisiones administrativas en la importación y exportación de remesas.

## **1.8. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La gestión prudencial y preventiva de la administración financiera se ha consolidado a partir de las crisis financieras y bancarias a nivel mundial. La evaluación de los recursos monetarios es de gran importancia a la hora de enfrentar cualquier evento que pueda afectar la solvencia y estabilidad patrimonial.

En ese contexto, el enfoque propuesto por Basilea da varias recomendaciones a nivel internacional sobre los lineamientos de las instituciones que conforman los sistemas financieros como por los supervisores.<sup>23</sup> Los principios básicos de Basilea son el de identificar, medir, y controlar los diferentes factores de riesgos con el propósito de construir una base sólida para la regulación prudencial del capital, la supervisión y disciplina de mercado.

El Comité de Basilea recomienda la adopción de prácticas adecuadas en la gestión de riesgos a fin de establecer procedimientos preventivos en las instituciones financieras, ya que la eficiencia y eficacia en las decisiones de los administradores son causales de beneficios o pérdidas en desmedro la

---

<sup>23</sup> Superintendencia de Bancos y Seguros, 80 años SBS, Publicación adjunta del Diario Hoy, 8 de septiembre de 2007, Pág. 3.

organización. Es decir, que las estrategias más importantes de inversión en el segmento de caja vienen estructuradas por los requerimientos de liquidez de los depositantes.

La elaboración del modelo aportará con información relevante a la toma de decisiones en medida de la variabilidad de las necesidades de los depositantes e incrementará las fortalezas de las actividades de control con el firme propósito de aprovechar las oportunidades del mercado. El modelo también gestionará la cantidad de recursos adecuados para el saldo de caja sin dejar en desmedro la rentabilidad de la institución.

Previo al análisis e implementación del modelo se realizará la identificación de las actividades correspondientes para determinar los principales componentes en la gestión de especies monetarias. El análisis también aprovechará el uso de técnicas econométricas con el firme propósito de desarrollar de forma objetiva, matemática y científica un proceso de control y monitoreo de liquidez, a fin de lograr el cumplimiento de las necesidades de la organización y los problemas asociados con la gestión de riesgos.

## **1.9. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.9.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar las necesidades del Sistema Financiero Nacional en billetes en las denominaciones de mayor requerimiento mediante la aplicación de métodos científicos con el fin mantener los requerimientos futuros de liquidez por parte de la Dirección de Especies Monetarias.

### **1.9.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar las exigencias del Sistema Financiero y dar a conocer las diferentes situaciones en que se desarrolla el manejo de billetes del Banco Central del Ecuador.
- Proponer un modelo que permita la implementación y brinde la cantidad y calidad de billetes en especies monetarias ante las necesidades del Sistema Financiero Ecuatoriano.
- Mejorar la utilización de recursos por parte de la administración de la Dirección de Especies Monetarias a fin de lograr los objetivos propuestos por la administración.

### **1.10. HIPÓTESIS**

- El manejo del saldo en billetes en la Dirección de Especies Monetarias se basa en políticas definidas para brindar seguridad al Sistema Financiero Ecuatoriano y mejorar la utilización de los recursos económicos.
- La aplicación del modelo de predicción de retiros y depósitos en billetes define oportunidades en mejoras de los procesos de Especies Monetarias e Inversiones.
- La implementación del modelo de predicción de retiros y depósitos en billetes permitirá cuantificar el riesgo de liquidez del Banco Central del Ecuador.

## **CAPÍTULO 2**

### **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

La gestión de inventarios es una de las principales actividades que realizan las instituciones financieras a fin de mantener niveles adecuados en sus existencias y como se deben reponer. La aplicación del modelo abarca la utilización de métodos de series temporales como el uso de métodos evolutivos para determinar adecuadas soluciones, al minimizar los costos relacionados con el suministro de pedidos.

El nuevo informe elaborado por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, en el cual se pretende garantizar los procesos de supervisión para la suficiencia de capital bancario como un requerimiento más sensible al riesgo, conservó uno de los elementos más importantes de la suficiencia de capital del informe anterior, al mantener el capital equivalente del 8% como mínimo de los activos ponderados por riesgo; sin embargo, la nueva propuesta del Comité se orienta a la implementación de modelos matemáticos para propiciar un manejo más dinámico de los riesgos.

El documento sobre la convergencia internacional de medidas y normas de capital se divide en tres pilares, tal como se muestra en el cuadro 2.1. En el primer pilar, se analizan los requerimientos de capital en base a los activos ponderados por riesgo (riesgo de crédito, riesgo de mercado y riesgo operativo). El segundo pilar se enfoca al control del supervisor a fin de evaluar la suficiencia de capital. Y por último, la disciplina del mercado que establece la divulgación de información con el propósito de evaluar el perfil de riesgo de una entidad crediticia.

CUADRO 2.1

<b>Pilar I</b>	<b>Requerimientos Mínimos de Capital</b>	Se calculan en base a los activos ponderados por su riesgo, con nuevos criterios que reflejen de manera más ajustada el cambio en el perfil de riesgo de las entidades.	
	Los riesgos a considerar son tres:		
	Riesgo de Crédito	Método Estandarizado (EE)	Similar al Acuerdo vigente, pero introduce más categorías de riesgo y posibilidad de evaluaciones de riesgo otorgadas por agencias externas (ECAIs y ECAs).
		Método Basado en Calificaciones Internas (IRB)	Se proponen dos variantes: 1) <b>Básico</b> (FIRB): los bancos estiman sólo la probabilidad de incumplimiento (o default) para cada activo. Los otros indicadores y ecuaciones son provistos por el Comité de Basilea. 2) <b>Avanzado</b> (AIRB): los bancos estiman todos los indicadores cuantitativos que requieren las ecuaciones desarrolladas por el Comité de Basilea.
	Riesgo de Mercado	No se modifica el Acuerdo vigente	
Riesgo Operativo	Se considera en particular este riesgo que estaba implícito en los otros riesgos del Acuerdo vigente. Se permiten tres métodos de cálculo: 1) Indicador básico, 2) Estándar y 3) Avanzado (AMA)		
<b>Pilar II</b>	<b>Proceso de Supervisión Bancaria</b>	Se le otorga un rol fundamental y los principios básicos son: 1) Los bancos deberán contar con un proceso para evaluar la suficiencia de capital total en función de su perfil de riesgo y con una estrategia de mantenimiento de sus niveles de capital. 2) Los supervisores deberán examinar las estrategias y evaluaciones internas de la suficiencia de capital de los bancos así como la capacidad de estos para vigilar y garantizar su cumplimiento y deberán intervenir cuando no queden satisfechos con el resultado. 3) Los supervisores deberán esperar que los bancos operen por encima de los coeficientes mínimos de capital y deberán tener la capacidad de exigirles que mantengan capital por encima del mínimo. 4) Los supervisores deberán intervenir con prontitud para evitar que el capital descienda por debajo de los mínimos y deberán exigir la inmediata adopción de medidas correctivas.	
<b>Pilar III</b>	<b>Disciplina de Mercado</b>	Se establecen requerimientos de divulgación de la información con el objetivo de permitir a los participantes del mercado evaluar el perfil de riesgo del banco. Esto por cuanto los nuevos métodos de estimación de riesgo que se introducen dependen en mayor medida de las estimaciones de las propias entidades.	

Fuente: FELABAN <sup>24</sup>

Elaboración: Rubén Marasca

Como se mencionó, la gestión de especies monetarias es un proceso de vital importancia que cumplen las instituciones financieras. Dentro de la cual, las

<sup>24</sup> [http://www.felaban.com/boletin\\_clain/basileall.pdf](http://www.felaban.com/boletin_clain/basileall.pdf)

actividades de la banca central se deben enfocar a cubrir las necesidades de liquidez del sistema financiero nacional.

Entre los principales mecanismos para cubrir las necesidades de fondos y mitigar el riesgo de liquidez de especies monetarias, el envío y recepción de remesas resultan ser el único componente de certeza administrado por la banca central, ya que el flujo de retiros y depósitos se deben a las necesidades de los depositantes como a los factores del entorno. De hecho, la valoración del riesgo de liquidez se debe cuantificar de acuerdo a las necesidades de los depositantes

En este caso, el riesgo de liquidez se define como la probabilidad de que las instituciones no cuenten con los recursos necesarios para cubrir una escasez de fondos. El primer componente que incide directamente en el saldo de especies monetarias se lo conoce como **Riesgo de Liquidez de Fondos**, y se manifiesta por la incapacidad de la organización en conseguir recursos (o en condiciones desfavorables) por los retiros de billetes y monedas de sus depositantes en situaciones de normalidad o crisis.

El segundo componente es el **Riesgo de Reputación**, que se lo define como la pérdida del prestigio de la organización ante la incapacidad de anticipar o prever importantes demandas regulatorias, legales, éticas, sociales y/o del mercado que generan una profunda insatisfacción de las expectativas de sus grupos de interés que puedan generar el deterioro de la situación económica de la entidad.<sup>25</sup>

En el presente capítulo se describe los aspectos relevantes de la banca central en el proceso del sistema de canje de especies monetarias para posteriormente aplicar mecanismos de apoyo con el propósito de cuantificar el riesgo liquidez y a los problemas asociados con las actividades relacionadas con su gestión. En el análisis del segmento de caja en divisas es prudencial determinar las

---

<sup>25</sup> ¿Cómo proteger a nuestro activo más valioso?, Belt Ibérica S.A. [http://www.belt.es/expertos/HOME2\\_experto.asp?id=2822](http://www.belt.es/expertos/HOME2_experto.asp?id=2822), España, 2005

características de los retiros y depósitos de forma individual para así poder evaluar los distintos factores del entorno.

## **2.2. ELEMENTOS IMPORTANTES EN LA ADMINISTRACIÓN DE ESPECIES MONETARIAS**

En temas anteriores, se indicó que entre los principales medios de pagos de efectivo, los billetes y monedas representan un instrumento de vital importancia para realizar una transacción comercial de bajo valor. Por tanto, la gestión de especies monetarias es una de las principales actividades que desempeña la banca central, debido a que el déficit de billetes y monedas puede hacer vulnerable a la estructura financiera nacional que también afectan a la dinámica del mercado nacional al contemplarse como el enlace entre las necesidades del mercado.

La gestión de los riesgos presenta una gran variedad de procesos y modelos que cuantifican y monitorean los factores de riesgos con el afán de mantener una posición activa en su control. La medición de los factores de riesgos consiste en un mecanismo de esencial apoyo que permite a las instituciones financieras determinar el campo de interacción donde pueden desenvolverse y aventajar a las instituciones que no lo hacen. Bajo estos preceptos, se debe lograr una evaluación certera y oportuna de los procesos gestores de riesgos.

En la gestión de especies monetarias, las decisiones para realizar una remesa se ejecutan bajo los criterios de los administradores y son los que deciden los niveles adecuados de suministros basados en los criterios de sus propias estimaciones. Por todo ello, es importante determinar un criterio matemático a fin de eliminar la subjetividad de las predicciones y mantener la independencia de las decisiones de operación. Sin embargo, es importante mantener los criterios administrativos, puesto que los modelos matemáticos se basan sobre información pasada y no garantizan la inclusión de nuevos elementos.

El Banco Central del Ecuador atiende los depósitos y retiros de dólares americanos y monedas fraccionarias en los centros de operación ubicados en el país, dentro de los horarios establecidos por la institución. El proceso de verificación, clasificación y recuento de los depósitos en especies monetarias se termina a inicios del día siguiente. En caso de escasez, la entrega de especies monetarias en las denominaciones requeridas, se reemplaza por las denominaciones que más se aproximen, según las existencias en las bóvedas. El tiempo que se utiliza para importar y exportar remesas del Departamento del Tesoro Americano de los Estados Unidos de Norteamérica es de 2 días laborales.

En el proceso de recepción, envío y canje de billetes dólares es importante entender que la clasificación de especies monetarias viene estructurada por las propiedades de los billetes, que se detallan a continuación:<sup>26</sup>

**Billetes deteriorados:** se entiende por billetes deteriorados los que por suciedad, desgaste, marcas, adorno, manchas, etc., deben ser retirados de circulación a juicio del Banco Central del Ecuador.

El ex instituto emisor canjea los billetes dólares deteriorados que conservan claramente el 55% de su forma original y los billetes deteriorados presentados sólo pueden tener cinta transparente al reverso, de manera que se preserve su diseño y tamaño original.

**Billetes mutilados:** Se entiende por billetes mutilados los que por rotura, acción del fuego, agua, químicos, explosivos, petrificaciones o roídos deban ser retirados de la circulación a juicio del Banco Central del Ecuador.

El Banco Central del Ecuador recepta por ventanillas, como billetes mutilados sin canje inmediato, las especies monetarias con las siguientes condiciones:

---

<sup>26</sup> Manual de Procedimiento para la Recepción, Envío y Canje de Billetes Dólares Mutilados y Deteriorados, Pág. 7, Dirección de Especies Monetarias, Banco Central del Ecuador, 2002.

- a) No es visible más del 55% del billete original.
- b) Su condición tal que el valor del billete es cuestionable.
- c) Requiere un manejo especial con el caso de billetes quemados.

Los billetes mutilados receptados por el Banco Central del Ecuador, serán enviados al Departamento del Tesoro de los Estados Unidos de Norteamérica, a la Oficina de Impresión y Grabados; para el análisis y conformidad previa a su respectivo canje posterior. El dictamen emitido a través del Banco de la Reserva Federal de los Estados Unidos de Norteamérica por los billetes mutilados remitidos puede presentarse en dos condiciones:

- a) Que los billetes mutilados tengan la calidad requerida para su canje por especies monetarias en dólares norteamericanos.
- b) Que las especies monetarias en dólares de Norteamérica no fueran aceptables para su canje.<sup>27</sup>

A pesar de que el nivel de existencias en el inventario juega un papel muy importante en las actividades relacionadas con la intermediación financiera al brindar niveles suficientes de productos para garantizar la suficiente fluidez del servicio, resulta ser ineficiente ya que los fondos se inmovilizan como consecuencias de productos improductivos. Por consiguiente, las actividades desarrolladas en la gestión de inventarios deben mantener un nivel adecuado del saldo con el firme propósito de garantizar la suficiente liquidez para responder a las necesidades de sus depositantes sin desmedro de su rentabilidad.

Un sistema de inventario es un conjunto de políticas y controles que determinan los niveles adecuados de existencias al establecer el tamaño de los pedidos y cuando se deben reponer el stock. En las actividades de especies monetarias, el inventario se refiere a los billetes y monedas que reposan en bóvedas. En sentido amplio, el inventario se define por los billetes y monedas en las denominaciones

---

<sup>27</sup> "Idem"

de 1, 2, 5, 10, 20, 50 y 100 dólares y a las monedas fraccionarias de 1, 5 10, 25, 50 centavos y 1 dólar.

Dentro de los elementos básicos de la administración de especies monetarias la gestión de inventarios se relaciona en como minimizar los saldos de efectivo para gestionar en fondos de inversión. El inventario de especies monetarias debe mantener una cierta dependencia en la línea de producción ya que la alimentación del stock de capital se efectúa de acuerdo a la velocidad de la línea de los depósitos y de las recepciones de remesas.

Es importante que las empresas aprovechen el tamaño económico del pedido al reducir los costos cuando se incrementa el pedido. Para desarrollar un sistema de gestión de inventarios se debe tomar en cuenta que cualquier decisión respecto al inventario repercutirá en los costes de la institución. Los costos considerados para la gestión de especies monetarias son los siguientes:

**Costes de mantenimiento o almacenamiento:** Son los costos por los que incurre las empresas al mantener cierto nivel de inventario. El costo de almacenamiento aumenta mientras se incrementa el inventario en stock. Muchas de las empresas infravaloran los costes de almacenamiento porque generalmente no cuentan con todos los componentes que lo determinan. Los costes de almacenamiento se formulan mediante la siguiente expresión:

$$C_A = \sum_{t=1}^T S_c C_a \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2.1)$$

donde

$S_c$  es el nivel diario de inventario

$C_a$  es el costo por almacenamiento por unidad

**Costes de pedidos:** Son los costos que se incurren o están relacionados por la emisión de un pedido. En la gestión de especies monetarias, los costos de pedido o de preparación se los incurre en el proceso de gestionar una remesa. Este

trabajo supone que se realiza procedimientos eficientes en la emisión de pedidos por lo que se reduce a su mínimo los costes de preparación. El coste de envío está representado por:

$$C_X = \sum_{t=1}^T X_{it} C_{Xit} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, 12 \\ t = 1, 2, \dots, T \end{cases} \quad (2.2)$$

donde

$X_i$  es el monto del envío de una remesa, correspondiente al mes  $i$ .

$C_{Xit}$  es el costo unitario por preparación de un envío, correspondiente al mes  $i$ .

y el coste de recepción de un pedido está representado por:

$$C_M = \sum_{t=1}^T M_{it} C_{Mit} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, 12 \\ t = 1, 2, \dots, T \end{cases} \quad (2.3)$$

donde

$M_i$  es el monto recibido por una remesa del exterior, correspondiente al mes  $i$ .

$C_{Mit}$  es el costo unitario por preparación de una recepción del mes  $i$ .

**TABLA 2.1**

TASAS DE COSTOS POR MONTO DE REMESAS				
CATEGORIA	DE	A	T. ENVIO	T. RECEPCIÓN
1	2,000	2,000	0.999175	0.999175
2	2,001	3,000	0.999250	0.999250
3	3,001	4,000	0.999300	0.999300
4	4,001	5,000	0.999380	0.999380
POR EXCESO DE CANTIDAD			0.999700	0.999550

**Fuente: HSBC<sup>28</sup>**

**Elaboración: El autor**

<sup>28</sup> El Hong Kong and Shanghai Banking Corporation, que por sus siglas en ingles se lo denomina como HSBC, brinda el servicio de exportación e importación de remesas con un mínimo de USD 2.000.

La tabla 2.1 muestra la relación de las tasas impositivas de costos por el traslado de una remesa. El costo de una remesa es igual al monto total de la remesa menos la tasa impositiva del traslado, multiplicada por el monto de la remesa. Por ejemplo, si la cantidad de la remesa es de USD 4.500, su costo será de USD 2,7900.<sup>29</sup> Si el monto de la remesa excede a los USD 5.000 se paga un valor por exceso en el monto. Por ejemplo, si la recepción de una remesa es USD 5500 MM, el costo a pagar será igual a USD 3.2500<sup>30</sup>.

El costo en exceso de una remesa se calcula mediante el monto de la remesa menos nivel máximo del pedido (USD 5.000) multiplicado por la variación unitaria del traslado en exceso (0.0003 por envío y 0.00045 por recepción), más el costo del traslado por USD 5.000 (USD 3,100). La tabla 2.2 se muestra el costo unitario por envío y recepción de una remesa.

**TABLA 2.2**

<b>COSTOS UNITARIOS POR MONTO DE REMESAS</b>				
CATEGORIA	DE	A	CU <sub>E</sub>	CU <sub>R</sub>
1	2,000	2,000	0.000825	0.000825
2	2,001	3,000	0.000750	0.000750
3	3,001	4,000	0.000700	0.000700
4	4,001	5,000	0.000620	0.000620
POR EXCESO DE CANTIDAD			0.000300	0.000450

**Fuente: HSBC**

**Elaboración: El autor**

**Costes de Ruptura o escasez:** Son los costes relacionados con incumplimiento de un retiro o de las penalizaciones derivadas por la escasez del inventario.

$$C_S = \sum_{t=1}^T S_t C_{St} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2.4)$$

<sup>29</sup> El valor a pagar por envío y recepción será igual a  $4.500 - (4.500 \cdot 0.99938)$ .

<sup>30</sup> El costo de recepción por la remesa será igual a  $[5.500 - 5.000 - (5.500 - 5.000 \text{ MM}) \cdot 0.99950] + (5.000 - 5.000 \cdot 0.99938)$

donde

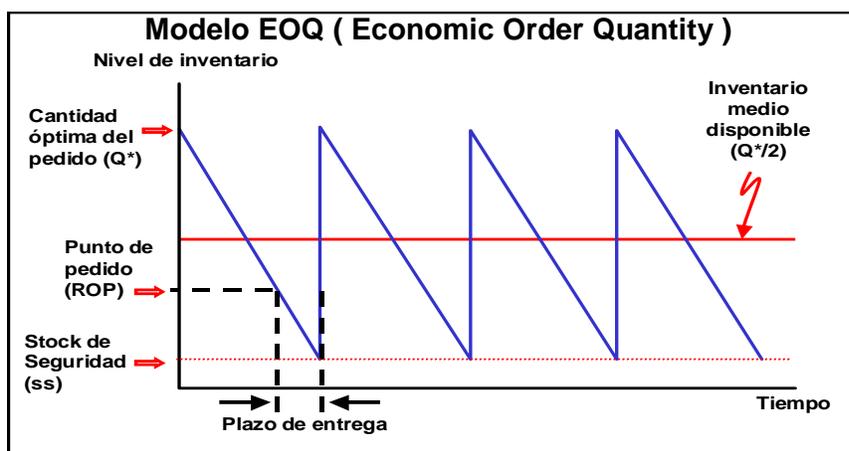
$S_t$  es el monto de escasez.

$C_s$  es el costo unitario por escasez

Para establecer la cantidad correcta de un pedido es necesario determinar un sistema de inventario adecuado a las necesidades de la empresa. Su implementación debe cumplir con el objetivo de minimizar el valor del coste total, establecer el nivel adecuado de existencias y el tamaño óptimo de la emisión de un pedido. Para establecer el tamaño óptimo de un pedido se ha desarrollado un modelo simplificado conocido como **Economic Order Quantity** que bajo distintas alteraciones puede ser aplicado en diversas circunstancias.

El modelo del Tamaño del Lote Económico supone que el pedido de un artículo se lo realiza cuando el nivel de existencia llegue a cero y que recibirá la recepción del material inmediatamente. Sin embargo, la entrega de materiales puede variar entre horas, días, o hasta semanas. El punto de emisión del pedido (PEP) se lo define como el nivel de inventario que se debe mantener en existencia para realizar el pedido. En el gráfico 2.1, se muestra el modelo de emisión de pedido y sus componentes.

**GRÁFICO 2.1**



Fuente: Jay Heizer y Barry Render

Elaboración: El autor

El desconocimiento o inseguridad del comportamiento en los depósitos y retiros dan a lugar que los modelos consideren un cierto nivel de Stock de Seguridad con el fin de mantener un número cierto de unidades al inventario como amortiguador del punto de emisión de pedido, ya que se puede evitar el agotamiento del stock si se cursan los pedidos en el momento oportuno. La formula general del punto de emisión de pedido con la inclusión del stock viene dado por:

$$PEP = (\text{Demanda por día}) (\text{Plazo de entrega de un pedido en días}) + ss \quad (2.5)$$

Si la relación de flujos de ingresos y egresos es positiva es necesario establecer límites superiores para cuando el saldo de efectivo alcance el límite superior y se deba realizar una remesa. Al igual que el modelo de lote económico del pedido, el modelo de especies monetarias depende de los costes comerciales y de los costos de oportunidad. La cantidad óptima del pedido en la importación y exportación de remesas corresponde al valor donde se minimiza el coste anual de almacenamiento, el coste anual de ruptura y el coste anual de pedidos. Este problema puede formularse como:

$$Sc_t = Sc_{t-1} + D_{t-2} - R_t + M_{t-2} - X_t \quad (2.6)$$

Sujeto a

$$\text{Min} \left\{ C_t = \sum_{t=1}^T Sc_t Ca_t + \sum_{t=1}^T X_{it} C_{X_{it}} + \sum_{t=1}^T M_{it} C_{M_{it}} + \sum_{t=1}^T S_t C_{S_t} \right\} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, 12 \\ t = 1, 2, \dots, T \end{cases}$$

$$D_t, R_t \geq 0$$

$$M_{it}, X_{it} \geq 2.000$$

donde

$Sc_t$  es el saldo de caja.

$D_{t-2}$  es el flujo de depósito en el tiempo  $t - 2$ .

$R_t$  es el flujo de retiro en el tiempo  $t$ .

$M_{i(t-2)}$  es la importación de una remesa en el tiempo  $t - 2$ , correspondiente al mes  $i$ .

$X_{it}$  es la exportación de una remesa en el tiempo  $t$ , correspondiente al mes  $i$

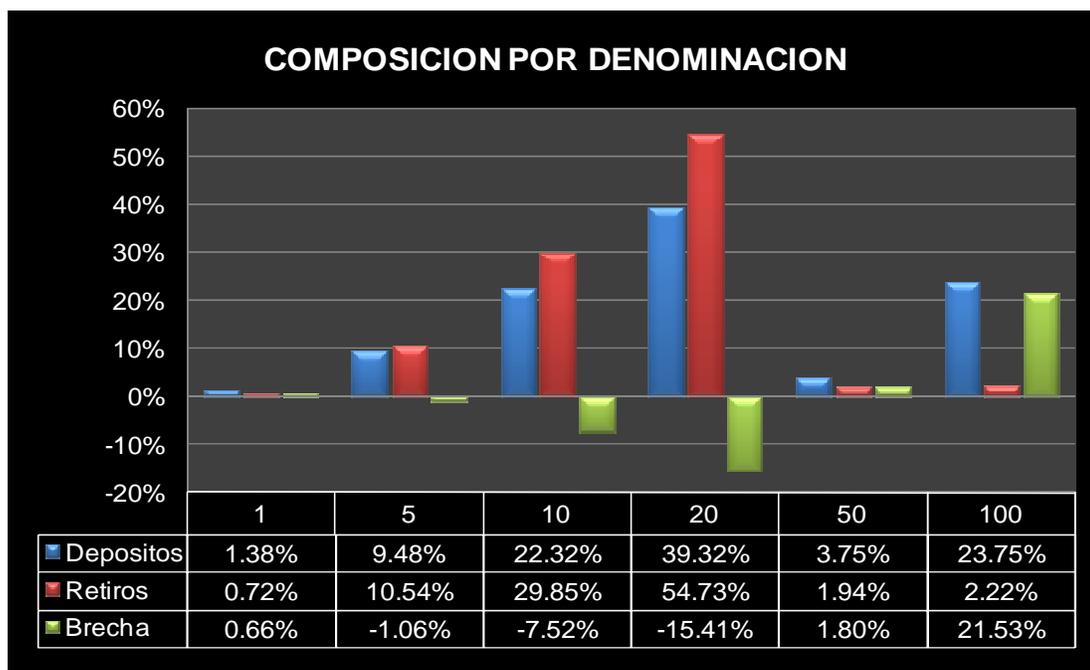
Una vez expuestos los factores que influyen en el sistema de canje, recordando el hecho de que el análisis, se debe evaluar las necesidades de los depositantes y con el propósito de mejorar la utilización de recursos, se debe brindar la calidad y cantidad de recursos de billetes de especies monetarias ante las necesidades del Sistema Financiero Nacional. A continuación se analiza el comportamiento de la demanda de especies monetarias y sus componentes.

### **2.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES RELEVANTES EN LA GESTIÓN DE ESPECIES MONETARIAS**

La elección de variables que determinen el nivel adecuado del inventario esta en establecer las variables relevantes del modelo de la regresión. Si bien la definición de las variables resulta ser un problema a la hora de plantear los factores a incluir en el modelo de regresión. La elección de las variables depende en gran medida de las características del proceso analizado. Su elección deberá proporcionar las predicciones más fiables al explicar la mayor parte de la variación residual, de tal manera se estime el mejor modelo posible.

El desarrollo metodológico se enmarca en las necesidades de los clientes al contemplar el suministro de los billetes de mayor circulación e identificar las características que reflejan los flujos de operación. El objetivo en el cual se trabaja es el de mejoramiento del suministro de billetes, reducir el riesgo de liquidez inherente a su operación y sobre toda una base de estrategias que dará como resultado el mejoramiento del retorno financiero. A continuación se presenta la participación de las denominaciones que concentran la frecuencia de uso de retiros y depósitos.

GRÁFICO 2.2



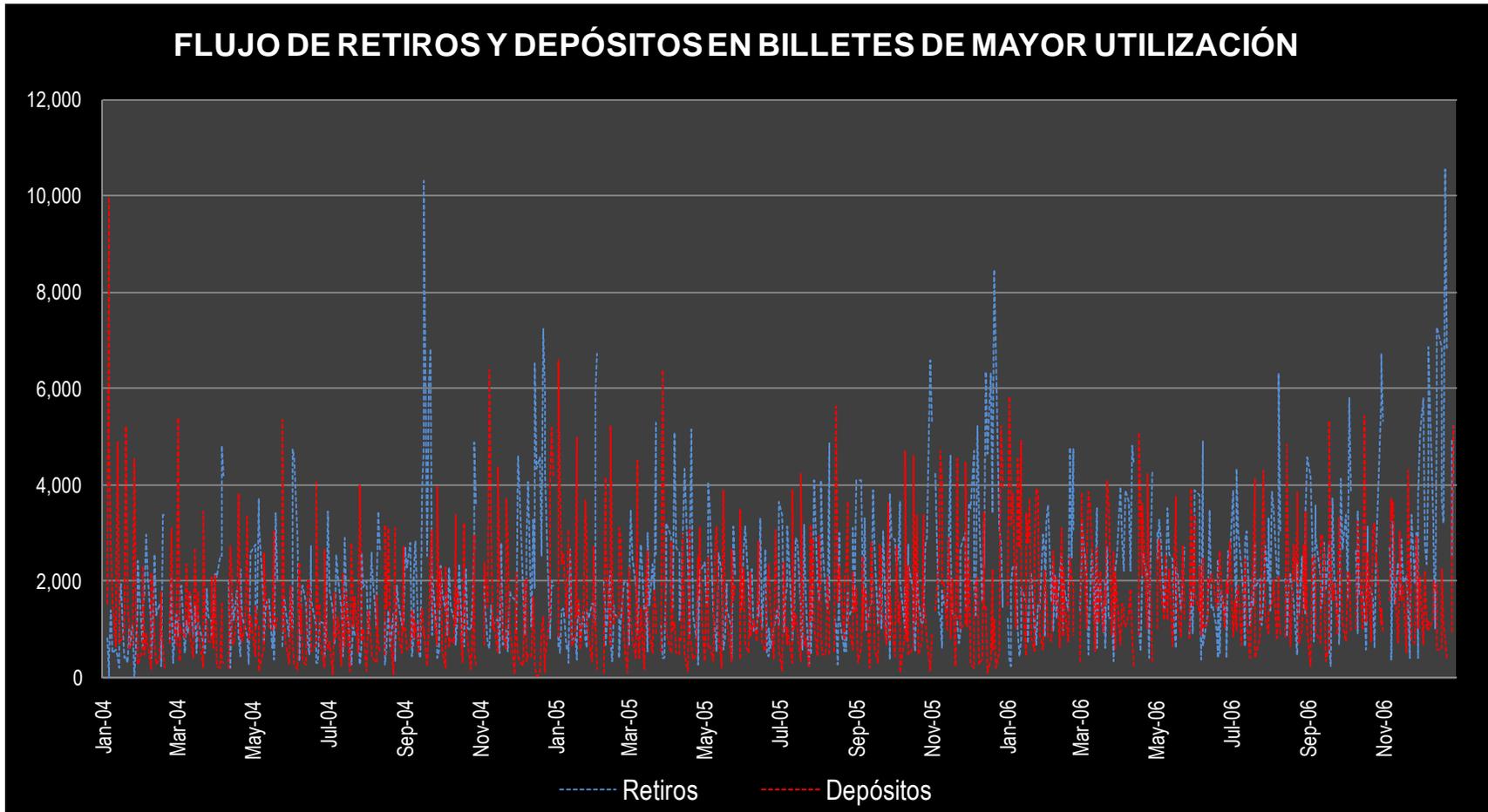
**Fuente: BCE**

**Elaboración: El autor**

En el gráfico de composición de flujos se observa que los billetes de 20, 10 y 5 dólares son las denominaciones de mayor concentración en los flujos con el 71,13% y 95,12% de los depósitos y retiros, respectivamente, sin embargo, estas denominaciones presentan un descalce de -15.41, -7,52 y -1,06 puntos porcentuales. Los billetes de 100 dólares presentan una alta participación en los ingresos por denominación (23,75%), mayor en 21,53 puntos porcentuales en relación a los pagos de la misma moneda. Por tal razón, a fin de cubrir el flujo de pagos, se escogerán a todos los billetes que conforman los retiros y en el caso de depósitos, solamente se escogerán a los billetes de mayor concentración.

Una vez determinado los principales componentes de la oferta y demanda de efectivo es necesario efectuar una primera inspección de los datos para identificar el comportamiento de las variables y de sus principales características de tal manera se garantice el mejor modelo posible. La muestra de retiros y depósitos se compone de datos con periodicidad diaria, de lunes a viernes, y a partir de enero de 2004 hasta diciembre de 2006, tal como se muestra en el gráfico 2.3.

GRÁFICO 2.3



Fuente: BCE

Elaboración: El autor

El análisis de los datos también debe llevarse a cabo mediante los estadísticos básicos para describir el comportamiento de los datos así como la relación existente entre las variables. A continuación se presentan los estadísticos descriptivos más importantes para las series de retiros y depósitos:

**TABLA 2.3**  
**ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS**

Estadísticos	DEPÓSITOS	RETIROS	Estadísticos	DEPÓSITOS	RETIROS
MEDIA	1,687.31	2,028.20	CURTOSÍS	3.17630	4.50632
MEDIANA	1,321.00	1,688.20	MÁXIMO	9,982.4	10,560.0
DES. ESTANDAR	1,259.08	1,434.48	MÍNIMO	36.2	3.0
COEF. ASIMETRÍA	1.42032	1.70396			

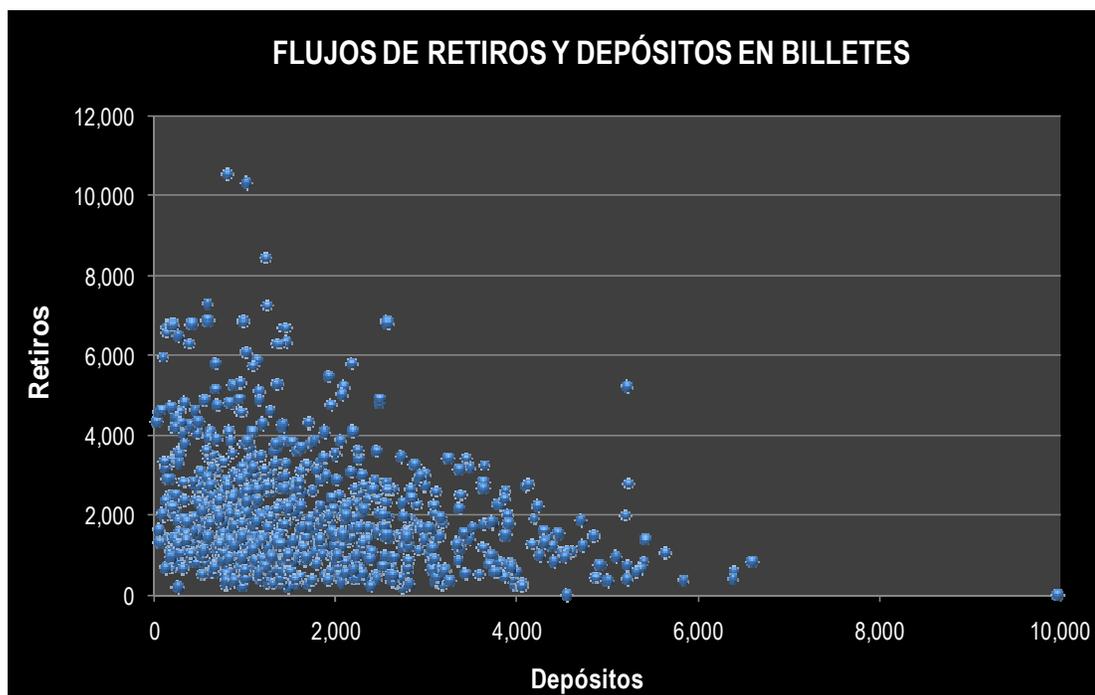
**Fuente: BCE**

**Elaboración: El autor**

Los resultados obtenidos en cada una de las series nos indican que los valores de las medias son superiores a las medianas debido a las observaciones en días festivos, feriados y corridas de depósitos. De hecho, los coeficientes de asimetría nos manifiestan que los valores se extienden hacia la derecha de la media por lo que se confirma lo expuesto anteriormente.

En cuanto al grado de concentración en la región central de la distribución, los resultados nos indican que la distribución de depósitos es relativamente plana (kurtosis: 3.18), lo que difiere de la distribución de retiros que presenta una distribución más elevada (kurtosis: 4.51).

Finalmente, la desviación típica con respecto a la media de cada uno de los flujos nos muestra que más elevados que la media, por lo que se puede asumir que las series presentan altas volatilidades. Es así, que los retiros y depósitos máximos fueron registrados el 21 de diciembre de 2006 y el 6 de enero de 2004 con valores de USD 10,560 y USD 9,982, respectivamente.

**GRÁFICO 2.4****DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE FLUJOS DE RETIROS Y DEPÓSITOS**

**Fuente: BCE**

**Elaboración: El autor**

En cuanto al análisis de conjunto de variables, el diagrama de dispersión nos muestra que existe una fuerte concentración en los puntos menores a 4.000 dólares para las series de retiros y depósitos, lo que se puede aseverar que el 85,60% de las observaciones se encuentra bajo este rango; y se puede determinar que mientras mayores son los retiros realizados por las instituciones financieras, será menor el monto depositado por las mismas.

### **CAPÍTULO 3**

## **CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN**

Las actividades relacionadas con la administración de riesgo se han expandido rápidamente desde el desarrollo de los modelos econométricos, que al mismo tiempo, han venido desempeñando un papel importante en los mercados financieros. Este crecimiento ha sucedido en un periodo de rápida innovación y de fuertes cambios tecnológicos que han centrado su atención en las prácticas del riesgo de liquidez, como evidencia de las seguridades marginales de las contrapartes.

Las prácticas de administración de riesgos y la capacidad de los intermediarios financieros han sido sustanciales para que los modelos econométricos se consoliden y conlleven a determinar riesgos más sensibles. Hoy en día, la simplicidad de las regresiones en conjunto de las series de tiempo es capaz de pronosticar e interpretar datos económicos de acuerdo a las imprecisiones inherentes de la planificación y a la atmósfera de incertidumbre que afronta la toma de decisiones. Además muchas de las necesidades de pronóstico se formulan con el objeto de evaluar la ocurrencia de un acontecimiento futuro.

El uso de los modelos econométricos sirve para explicar el comportamiento de las variables en función de otras variables y estimar el comportamiento futuro. Por todo ello, el pronóstico juega un papel importante en la gestión de especies monetarias a la hora de diseñar el plan de abastecimiento al suministrar información congruente y exacta sobre la incertidumbre de las variables relevantes y como establecer las cuotas de retiros y depósitos en la planeación y control de inventarios.

### 3.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

El modelo de regresión lineal es una técnica econométrica que se utiliza para encontrar la relación histórica entre la variable dependiente  $Y$  con respecto a una o más variables independientes ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ). En tal sentido, el modelo de regresión lineal se lo puede formular mediante la siguiente expresión matemática:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (3.1)$$

matricialmente se lo expresa:

$$Y = X \cdot \beta + \varepsilon \quad (3.2)$$

donde

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} 1 & X_{12} & \dots & X_{1K} \\ 1 & X_{22} & \dots & X_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{n2} & \dots & X_{nK} \end{pmatrix} = [ X_1 \ X_2 \ \dots \ X_k ] \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_K \end{pmatrix} \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

y desarrollando se formularía como:

$$Y_t = 1 + \beta_1 X_{t1} + \beta_2 X_{t2} + \dots + \beta_K X_{tK} + \varepsilon_i \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

En la ecuación 3.3,  $\varepsilon_i$  es un componente aleatorio o estocástico que se caracteriza por ser un elemento impredecible o de aleatoriedad en las repuestas al comportamiento humano, como del efecto de la variable dependiente contra las variables independientes omitidas, y sobre todo al error de medición de la variable  $Y$ . El modelo de regresión lineal supone que el término de error  $\varepsilon_i$  mantiene las siguientes condiciones:

1.  $Y = X\beta + \varepsilon$ , hipótesis de linealidad.

2.  $E(\varepsilon) = 0$ , media nula.
3.  $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ \sigma^2 & i = j \end{cases}$
4.  $X$ , matriz de regresores no estocástica.
5.  $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

En el caso de que el modelo de regresión no encuentre linealidad en sus parámetros como en las variables independientes, la econometría ha desarrollado métodos de transformación para que el modelo de regresión cumpla con la hipótesis de linealidad.<sup>31</sup> Entre los casos más particulares, las variables del modelo de regresión pueden venir dadas por las siguientes funciones:<sup>32</sup>

$y = \beta_0 + \varepsilon_t$	(Modelo de Media constante)
$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_t$	(Modelo de Regresión Lineal Simple)
$y = \beta_0 e^{\beta_1 X_1} + \varepsilon_t$	(Modelo de Crecimiento Exponencial)
$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \varepsilon_t$	(Modelo Cuadrático)
$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon_t$	(Modelo Cuadrático con dos variables independientes)

### 3.2. ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

La estimación adecuada de los parámetros del modelo de regresión requiere que el conjunto de parámetros desconocidos  $(\alpha_i, \beta_i, \sigma_\varepsilon^2)$  aproximen lo más cercanamente posible la función estimada de  $\hat{Y}$  con la variable dependiente  $Y$ . La perturbación aleatoria se puede aproximar mediante la siguiente formulación matemática.

---

<sup>31</sup> Para ver otros problemas en el modelo de regresión ver los Anexos 3.1, 3.2 y 3.3.

<sup>32</sup> Statistical Methods for Forecasting, Bovas Abraham y Johannes Ledolter, Wiley Series in Probability and Statistics, Pág 10

$$\varepsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

Partiendo de esta formulación, existen diversos métodos para la estimación de los parámetros, pero el método más utilizado es el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Método que minimiza la suma de la diferencia al cuadrado entre el valor real de la variable dependiente y el valor estimado.

$$\text{Minimizar } \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \quad (3.5)$$

En el cual, el residuo se puede escribir de forma vectorial como:

$$\varepsilon = (Y - X \cdot \beta)' (Y - X \cdot \beta) \quad (3.6)$$

que desarrollando la ecuación anterior se obtiene

$$\varepsilon = Y' \cdot Y - 2\beta' X' Y + \beta' X' X \beta \quad (3.7)$$

y su derivada queda dado por

$$2X' Y + 2X' X \beta = 0 \quad (3.8)$$

de donde si  $\hat{\beta}$  es la solución del modelo de regresión. Entonces  $\hat{\beta}$  se obtiene por medio de un sistema de ecuaciones normales

$$X' X \hat{\beta} = X' Y \quad (3.9)$$

que permite obtener los parámetros a través de método de mínimo cuadrático ordinarios (MCO) a partir de la expresión:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \cdot \\ \beta_k \end{pmatrix} \quad (3.10)$$

Los valores que toman los coeficientes  $\beta$  miden el efecto de la variable independiente sobre el valor de la media de la variable dependiente al recoger la variación que experimenta la variable dependiente ante un cambio unitario de la variación de la variable independiente  $X_i$ , mientras que las otras variables independientes permanecen constantes.

En el modelo de regresión lineal clásico, los parámetros de  $\beta$  estimados por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) son estimadores eficientes, lineales, insesgados y óptimos (ELIO). El estimador de la varianza se lo define a partir de la suma del error al cuadrado

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{\varepsilon'\varepsilon}{n - k} \quad (3.11)$$

donde la expresión  $n - k$  es conocida como el número de grados de libertad. El estimador de la varianza se puede comprobar que es un estimador es insesgado.

### **3.3. ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN**

#### **3.4.1. DESCOMPOSICION DE LA SUMA DE CUADRADOS**

En el estudio de los modelos de regresión es importante explicar que parte de la variación que experimenta la variable  $Y$  es causada por la variación de las variables independientes. Por lo general, la suma de los residuos al cuadrado se descompone en dos partes, una de ellas mide que parte de la variable dependiente está siendo explicada por el modelo de regresión y la otra mide que porcentaje del modelo es causado por los errores o residuos. Para ello, la

descomposición de la suma de cuadrados se puede obtener mediante los residuos en la siguiente expresión:

$$Y'Y = \hat{Y}'\hat{Y} + \varepsilon'\varepsilon \quad (3.12)$$

que puede ser expresada como:

$$SCT = SCE + SCR \quad (3.13)$$

donde:

SCT: es la Suma de Cuadrados Totales y representa una medida de la variación de la variable dependiente

SCE es la Suma de Cuadrados Explicados por el modelo de regresión

SCR es la Suma de Cuadrados de Residuos.

y cada una de ellas pueden ser calculada por las siguientes expresiones:

$$SCT = Y'Y - n\bar{Y}^2 = \sum_{t=1}^n Y_t^2 - n\bar{Y}^2 \quad (3.14)$$

$$SCE = \beta'X'Y - n\bar{Y}^2 \quad (3.15)$$

$$SCR = \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \quad (3.16)$$

$$SCR = SCT - SCE = Y'Y - \beta'X'Y \quad (3.17)$$

### 3.4.2. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN

Una vez determinado el modelo, es necesario analizar la bondad de ajuste de la regresión, para la cual se utiliza el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Este estadístico se lo define como un ratio entre la suma de los residuos al cuadrado contra la suma de los cuadrados totales, el cual mide el grado de ajuste de la regresión en base a la proporción de la varianza de  $Y$  que es explicado por las demás variables del modelo. El coeficiente  $R^2$  se lo calcula como:

$$R^2 = 1 - \frac{SCR}{SCT} = \frac{SCE}{SCT} \quad (3.18)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\mathbf{\hat{\epsilon}}' \mathbf{\hat{\epsilon}}}{(\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})'(\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}})}; \quad \bar{y} = \sum_{t=1}^n \frac{y_t}{n} \quad (3.19)$$

Este coeficiente, además de ser una medida numérica de intersección, que mide la capacidad explicativa del modelo, se lo considera como un criterio de selección para elegir entre los modelos que tengan el mismo número de regresores. Para el caso de comparar dos modelos de regresión que consideren diferentes números de regresores se debe tener mucho cuidado en comparar los  $R^2$ , ya que este estadístico es una función no decreciente del número de variables explicativas, es decir, una variable independiente adicional no reducirá al coeficiente  $R^2$ . Para tal caso, se debe emplearse el coeficiente de  $\bar{R}^2$  ajustado que depura los incrementos que experimenta el coeficiente  $R^2$  con el número de regresores.

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SCR/n - k}{SCT/n - 1} = 1 - \frac{n-1}{n-k} (1 - R^2) \quad (3.20)$$

En base al anterior criterio se han desarrollado un sin número de estadísticos que penalizan la inclusión de nuevos regresores en el modelo de regresión como el criterio de Akaike o AIC o criterio de Schwarz, los cuales penalizan la inclusión de nuevos regresores al modelo de regresión. El criterio de Akaike se lo calcula a partir de la suma de los residuos al cuadrado como se muestra en la siguiente expresión:

$$AIC = \ln\left(\frac{SCR}{n}\right) + \frac{2K}{n} \quad (3.21)$$

En cambio, el criterio de Schwarz es un estadístico que impone mayores restricciones en la selección del modelo de regresión que el criterio de Akaike, al penalizar en un grado mayor la inclusión de nuevos coeficientes. El criterio de Schwarz se lo obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$SC = \frac{k}{n} \ln(n) + \ln\left(\frac{SCR}{n}\right) \quad (3.22)$$

### 3.4.3. INFERENCIA ESTADISTICA

En el análisis de regresión es necesario que se lleve a cabo la inferencia estadística para conocer la confiabilidad de la estimación de los parámetros con respecto a su valor verdadero. Los estimadores de la regresión se evalúan por medio de intervalos de confianza donde se aprueba o rechaza las pruebas de hipótesis. De tal modo, si se cumplen con las hipótesis del modelo clásico de regresión lineal señaladas anteriormente y además dado que

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

entonces

$$Y = X\beta + \varepsilon \sim N(X\beta, \sigma_\varepsilon^2 I) \quad (3.23)$$

y por lo tanto la distribución del vector de estimadores es:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y \sim N(\beta, \sigma_\varepsilon^2 (X'X)^{-1}) \quad (3.24)$$

la matriz de varianza y covarianza es:

$$\Sigma(\hat{\beta}) = \sigma_\varepsilon^2 (X'X)^{-1} = \begin{pmatrix} \sigma_{\beta_1}^2 & \sigma_{\beta_1\beta_2} & \cdots & \sigma_{\beta_1\beta_k} \\ \sigma_{\beta_2\beta_1} & \sigma_{\beta_2}^2 & \cdots & \sigma_{\beta_2\beta_k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_{\beta_k\beta_1} & \sigma_{\beta_k\beta_2} & \cdots & \sigma_{\beta_k}^2 \end{pmatrix} \quad (3.25)$$

donde  $\sigma_{\beta_j}$  es error estándar estimado para el coeficiente  $\beta_j$ . La matriz de varianza y covarianza estimada de los estimadores es  $\sigma_{\beta\beta} = \sigma_\varepsilon^2 (X'X)^{-1}$ , donde

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{\varepsilon'\varepsilon}{n-k} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon^2}{n-k} \quad (3.26)$$

es un estimador insesgado y consistente.

Para determinar la significación individual de los regresores se debe contrastar la hipótesis nula, en el cual se plantea que los coeficientes de la regresión son igual a cero frente al comportamiento de la variable endógena. Para tal sentido, se contrasta el estadístico t donde los estimadores de  $\beta_j$  se lo calcula como:

$$IC_{\beta_j} : \left( \hat{\beta}_j \pm \hat{\sigma}_{\hat{\beta}_j} t_{n-k} \right)$$

y el intervalo de confianza de un determinado parámetro viene dado por

$$P \left[ t_{n-k}(\alpha/2) \leq \frac{\hat{\beta}_j - \beta_j}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_j}} \leq t_{n-k}(\alpha/2) \right] = 1 - \alpha$$

donde, la formulación de la prueba de hipótesis es igual a

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

entonces, el estadístico experimental queda dado por  $t_{\text{exp}} = \frac{\hat{\beta}_j - \beta_j^*}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_j}} \rightarrow t_{n-k}$  donde

$\beta_j^* = 0$  y el estadístico teórico es  $t_{\text{tco}} = t_{n-k}(\alpha/2)$ . Si  $|t_{\text{exp}}| = t_{\text{tco}}$  se rechaza la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a cero.

En cambio, para determinar la significación global del conjunto de variables del modelo de regresión es necesario realizar el contraste F, el cual sirve como

criterio para contrastar la hipótesis nula de que los regresores en conjunto (exceptuando el término independiente) son iguales a cero y explicar la contribución incremental de una variable explicativa. La prueba de hipótesis para el estadístico F viene dado por:

$$H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

el estadístico teórico es igual a  $F_{n-k-1}^k$  y el valor de F observado (experimental) queda dado por:

$$F = \frac{\frac{SCR}{k-1}}{\frac{SCE}{n-k}} = \frac{\frac{R^2}{k-1}}{\frac{1-R^2}{n-k}} \quad (3.27)$$

en el caso de que el estadístico experimental es mayor al teórico, se rechaza la hipótesis nula.

### 3.4. VARIABLES DICOTOMICAS

En el estudio econométrico, las variables de la regresión no solamente dependen de variables de tipo cuantitativo, sino también de variables cualitativas que reflejan la presencia de diferentes características, atributos o situaciones que se presentan en los datos históricos. De tal modo, este tipo de variables se les puede renombrar como variables de impulso que se utilizan para crear diferentes niveles de respuesta en la variable endógena ante la evidencia empírica de alteración de los parámetros.

El método para cuantificar tales atributos es mediante la inclusión de variables artificiales que pueden adquirir valores de 1 y 0, donde el 1 indica la presencia de un atributo y el 0 su ausencia. A las variables cualitativas también se les denomina como variables dicotómicas y pueden adquirir valores diferentes de 0 y

1 mediante una función lineal tal que  $Z = a + bD$  ( $b \neq 0$ ), donde  $a$  y  $b$  son constantes y donde  $D = 1$  o  $0$ .

En la inclusión de variables cualitativas, debido a su naturaleza y a las características del modelo de regresión, el número de variables ficticias para una o más clases de una variable cualitativa debe ser de acuerdo a la cantidad de factores cualitativos menos una y así evitar el efecto de multicolinealidad perfecta entre las variables dicotómicas. Es decir, que **si una variable cualitativa tiene  $k$  categorías, solo se debe introducir  $k - 1$  variables dicotómicas**. En el caso para la asignación de valores de 0 y 1, para las variables dicotómicas, su elección es arbitraria. De hecho, se puede fijar 0 o 1 a cualquiera de las características de las variables. Por ejemplo, si se desea conocer la influencia del sexo en el salario de un trabajador, se debe incluir una sola variable cuantitativa con el valor de 1 si es hombre o 0 si es mujer, o viceversa.

Del análisis anterior se deduce que si la variable cualitativa toma el valor de 1, "las variables dicotómicas se definen como  $IND_{ti} = 1$  y vienen dadas si la observación se inicia desde el nivel  $i$  (para  $1 \leq i \leq k-1$ ), y 0 en caso contrario. De tal forma, combinando el efecto de las variables cuantitativas con el efecto de variables indicadoras se lo puede escribir mediante la siguiente formulación matemática:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i X_{ti} + \sum_{i=1}^{k-1} \delta_i IND_{ti} + \varepsilon_t \quad (3.28)$$

La utilización de variables de impulso representa el efecto del parámetro  $\delta_i$  donde el efecto del nivel  $i$  implica suponer el comportamiento diferenciado de la variable endógena según las distintas categorías que representan dichas variables cualitativas".<sup>33</sup> Además, las variable ficticias se las puede utilizar para el análisis

---

<sup>33</sup> La inclusión de variables explicativas cualitativas en el análisis de regresión se lo realiza a partir de la construcción de tantas variables ficticias como categorías que tenga el factor cualitativo menos una. En este caso, la matriz de datos evitara el problema de multicolinealidad perfecta entre los regresores del modelo.

de cambios estructurales, efectos estacionales o que modifiquen la pendiente de alguno o de todos los regresores.<sup>34</sup>

Para analizar los cambios estructurales en la muestra, se contrasta la hipótesis conocida como test de cambio estructural o contraste de Chow<sup>35</sup>, que recoge la estabilidad total o parcial de la muestra.

### 3.5. PREDICCIÓN EN EL MODELO DE REGRESION

El análisis de predicción es una de las aplicaciones más importantes en la regresión, el cual sirve para pronosticar un  $Y$  o una unidad extramuestral con respecto a un valor que tomaría la variable  $X_i$ . La predicción del modelo se deduce a partir de la siguiente expresión:

$$\hat{Y}_f = X_f' \beta \quad (3.29)$$

la varianza de  $\hat{Y}_f$  se estima mediante la siguiente formulación:

$$\sigma_f^2 = \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \left[ 1 + X_f' (X'X)^{-1} X_f \right] \quad (3.30)$$

Entonces, continuando el análisis, el intervalo de predicción bajo un nivel de confianza para un valor individual de la media queda dado por su límite superior e inferior igual a:

$$IC_{Y_f} : \left[ \left( \hat{Y}_f - t_{\alpha/2} \sigma_\varepsilon \sqrt{1 + X_f' (X'X)^{-1} X_f} \quad ; \quad \hat{Y}_f + t_{\alpha/2} \sigma_\varepsilon \sqrt{1 + X_f' (X'X)^{-1} X_f} \right) \right] \quad (3.31)$$

---

<sup>34</sup> El cambio estructural se establece como una variación en el comportamiento en diferentes partes de la muestra. En cambio, el análisis de efectos estacionales recoge la periodicidad en una muestra.

<sup>35</sup> Para más detalle ver el Anexo 3.4

A fin de medir la capacidad predictiva con respecto a los valores estimados y las variables exógenas, se presenta los siguientes estadísticos.

$$\begin{array}{l} \text{Raíz del error cuadrático medio} \\ \text{(Root Mean Squared Error)} \end{array} \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2}{h}} \quad (3.32)$$

$$\begin{array}{l} \text{Error absoluto medio (Mean} \\ \text{Absolute Error)} \end{array} \quad \text{MAE} = \frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{y}_t - y_t|}{h} \quad (3.33)$$

$$\begin{array}{l} \text{Error porcentual absoluto medio} \\ \text{(Mean Abs. Percent Error)} \end{array} \quad \text{MAPE} = \frac{100 \sum_{t=T+1}^{T+h} \left| \frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t} \right|}{h} \quad (3.34)$$

$$\begin{array}{l} \text{Coeficiente de Theil} \end{array} \quad \text{TIC} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2}{h}}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} \hat{y}_t^2}{h} + \frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} y_t^2}{h}}} \quad (3.35)$$

La raíz del error cuadrático medio (Root Mean Square Mean), el error absoluto medio (Mean Absolute Error), el error porcentual absoluto medio (Mean Abs. Percent Error) y el coeficiente de Theil. Los dos primeros muestran el grado de ajuste con la misma medida métrica entre los errores y la serie observada. El tercer estadístico es el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales expresados como porcentaje de los valores reales. El coeficiente de Theil indica el grado de ajuste entre los valores pronosticados y la serie real. Además, el coeficiente de Theil siempre permanece entre cero y uno, donde cero indica un mejor ajuste.

### 3.6. ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN PARA EL FLUJO DE PAGOS Y DEPÓSITOS

En la estimación de los modelos de flujo de caja se asume que las series de retiros y depósitos se descomponen en varios elementos no observables e independientes entre sí, pudiendo ser removidos por variables independientes que describen los procesos característicos de las series temporales. En base a estos supuestos, la serie  $Y_t$ , se descompone mediante el siguiente esquema aditivo:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t \quad (3.36)$$

donde  $T_t$ ,  $S_t$ ,  $C_t$ ,  $I_t$  es la tendencia, la estacionalidad, el ciclo y el componente irregular. Un modelo alternativo es el denominado esquema multiplicativo que asume que el valor de la serie observada es el producto de sus componentes, donde cada uno de ellos mantiene relación entre si y viene dado por:

$$Y_t = T_t * S_t * C_t * I_t \quad (3.37)$$

Sin embargo, se puede transformar al esquema aditivo mediante el uso de transformaciones logarítmicas.

$$Y_t' = T_t' + S_t' + C_t' + I_t' \quad (3.38)$$

En mucho de los casos, las observaciones de  $Y_t$  se caracterizan por eventos inusuales que causan distorsiones en la identificación y estimación de los parámetros, elevar el error estándar residual, y a la vez producir inadecuadas proyecciones. Entre las modificaciones más comunes se encuentra las variables de intervención, outliers<sup>36</sup> y efectos de calendario.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems, Box and Tiao, Journal of the American Statistical Association, Marzo 1975, Volumen 70, Número 349, Invited Paper, Theory and Methods Section.

En el análisis de intervención y corrección de outlier, se busca establecer la relación entre los cambios de las observaciones y los acontecimientos sucedidos en el periodo de observación. Los eventos de intervención son usualmente acontecimientos que se suscitan de forma inusual, pero obedecen a una causa determinada, como por ejemplo: guerras, ataques terroristas, escándalos, cambios en las políticas pública o privada, aplicaciones de una nueva ley, corridas bancarias, crisis económicas, etc. El efecto de las intervenciones impacta indistintamente las características de las observaciones, pero estadísticamente pueden ser modelados por variables dicotómicas.

En la mayoría de los casos, los acontecimientos suscitados responden a impulsos generados por una causa específica, pero que algunas veces se constituyen como errores en los datos. De acuerdo a la naturaleza de los datos, las variables del análisis de intervención se pueden clasificar en variables de intervención y outliers.

Las variables de intervención se basan en la prioridad de información que se originan por eventos especiales, tomando a lugar un acontecimiento exógeno. El propósito de las variables de intervención es conocer las características fundamentales y cuantificar su impacto. En cambio, los outliers son anomalías que no pueden ser explicados por la ocurrencia de un evento y que son representados como errores en las observaciones.

La aplicación del modelo de regresión, mediante el uso de métodos tradicionales de descomposición, se centra en explicar el comportamiento de los retiros y depósitos con respecto a sí mismos, e incorporar los distintos efectos cualitativos de las observaciones. La especificación del modelo deberá incluir tantas variables cualitativas como categorías que reflejen las características, cualidades o atributos de los acontecimientos suscitados.

---

<sup>37</sup> Modeling Time Series with Calendar Variation, Bell and Hillmer, Journal of the American Statistical Association, Septiembre 1983, Volumen 70, Número 383, Invited Paper, Theory and Methods Section.

De esta forma, el análisis de regresión del flujo de especies monetarias se basa en una muestra de 522 datos diarios a partir de enero de 2004 hasta diciembre de 2006. Los datos del año 2006 serán utilizados para comprobar la capacidad predictiva de los modelos de regresión y comparar los resultados con los obtenidos por la metodología de Box y Jenkins. Con base en esta información, en la tabla 3.1 y 3.2 se presentan los resultados obtenidos en las estimaciones de los modelos de regresión:<sup>38</sup>

**TABLA 3.1**  
**ESTIMADORES DEL MODELO DE RETIROS**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.36011010	0.20126202	41.5384387	0.00000
TREND	-0.02533829	0.00304397	-8.32409301	0.00000
AÑO	6.87736998	0.79384033	8.66341726	0.00000
MENE	-6.88349123	0.73321420	-9.38810409	0.00000
MFEB	-6.02518937	0.67170626	-8.96997645	0.00000
MMAR	-5.52255966	0.60479657	-9.13126819	0.00000
MABR	-4.66519776	0.53719406	-8.68438076	0.00000
MMAY	-4.36701934	0.47474355	-9.19869120	0.00000
MJUN	-3.87971469	0.40745783	-9.52175758	0.00000
MJUL	-3.23735183	0.34309210	-9.43580986	0.00000
MAGO	-2.68344254	0.27974235	-9.59255008	0.00000
MSEP	-2.01870194	0.21817091	-9.25284631	0.00000
MOCT	-1.50210305	0.15713695	-9.55919697	0.00000
MNOV	-1.03108845	0.10987903	-9.38385083	0.00000
DLUN	-0.43322724	0.05688520	-7.61581700	0.00000
DMAR	-0.24519163	0.06708165	-3.65512241	0.00029
DMIE	-0.44284648	0.05814772	-7.61588722	0.00000
DJUE	0.25841127	0.05636916	4.58426727	0.00001
F <sub>MES</sub>	0.54959935	0.08562466	6.41870402	0.00000
FERIADOS <sub>1</sub>	0.69996756	0.07802623	8.97092606	0.00000
OUT <sub>1</sub>	-3.32251019	0.29880463	-11.1193399	0.00000
OUT <sub>2</sub>	-1.34519304	0.11566568	-11.6300104	0.00000
OUT <sub>3</sub>	-0.84947568	0.08951008	-9.49027980	0.00000
ATIP	0.95697572	0.16141287	5.92874466	0.00000
BANCO	1.43342295	0.16897693	8.48295063	0.00000
LOG(DEP)	-0.16723765	0.02850773	-5.86639621	0.00000

**Elaboración: El autor**

<sup>38</sup> Para más detalle de las variables utilizadas ver el Anexo 3.5

**TABLA 3.2**  
**ESTIMADORES DEL MODELO DE DEPÓSITOS**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.48046621	0.10506963	61.6778242	0.00000
TREND	0.01651323	0.00324339	5.09134816	0.00000
AÑO	-4.09628860	0.84611184	-4.84130868	0.00000
MENE	4.32919385	0.77708629	5.57105934	0.00000
MFEB	3.82538820	0.71328701	5.36304203	0.00000
MMAR	3.38673208	0.64331022	5.26453950	0.00000
MABR	2.76273540	0.57152028	4.83401118	0.00000
MMAY	2.73034354	0.50479497	5.40881680	0.00000
MJUN	2.22558989	0.43383194	5.13007387	0.00000
MJUL	1.83509180	0.36492354	5.02870215	0.00000
MAGO	1.52582878	0.29736070	5.13123878	0.00000
MSEP	1.31551425	0.22896647	5.74544504	0.00000
MOCT	0.85535844	0.16860116	5.07326558	0.00000
MNOV	0.77277654	0.11656093	6.62980776	0.00000
DLUN	-0.61462743	0.05974039	-10.28830577	0.00000
DMAR	1.12186489	0.05995461	18.71190433	0.00000
DMIE	0.53191414	0.06085767	8.74029723	0.00000
DJUE	0.40917076	0.05973900	6.84930723	0.00000
FMES	-0.29014189	0.09281711	-3.12595253	0.00188
FERIADOS <sub>1</sub>	-0.33766793	0.10121711	-3.33607563	0.00092
FERIADOS <sub>2</sub>	0.74414849	0.08092914	9.1950623	0.00000
DMIE*FERIADOS <sub>1</sub>	0.38736932	0.17663472	2.1930531	0.02878
OUTD <sub>1</sub>	-2.06641405	0.13776797	-14.99923383	0.00000
OUTD <sub>2</sub>	-1.05252912	0.08093789	-13.00415837	0.00000
ATIPD	0.90912661	0.14625189	6.21617022	0.00000

**Elaboración: El autor**

donde la primera y segunda columna muestran las variables y los valores que toman los estimadores de los modelos de regresión. Las otras tres columnas muestran los errores estándar estimados, los valores del estadístico t bajo la hipótesis nula de que el coeficiente poblacional tiene un valor de cero, y la probabilidad estimada donde se puede concluir que cada uno de los coeficientes estimados son estadísticamente significativos individualmente, a un nivel de

significancia del 3%, es decir, que los verdaderos parámetros poblacionales son diferentes de cero.

La interpretación de estos resultados nos dice que los depósitos presentan un comportamiento inverso sobre los retiros, es decir, a medida que aumenta los depósitos en 1%, mientras que las otras variables permanecen constantes, los retiros decrecen cerca del 0.17%. El nivel de intercepción nos indica que si las demás variables independientes se fijan en cero, la tasa promedio de retiros y depósitos observada es aproximadamente en 8.4% y 6.5%, respectivamente. Sin embargo, está es una interpretación mecánica del intercepto puesto que en días feriados no podría haber retiros y depósitos. Finalmente, se puede concluir que durante el periodo muestral, las series de flujos se caracterizan por una tendencia, tres componentes estacionales de tipo anual, mensual y diario y diferentes eventos suscitados en el año como corridas bancarias y outliers.

Siguiendo con el análisis de regresión, a fin de verificar la bondad de ajuste de las regresiones y sus supuestos de normalidad de las perturbaciones aleatorias, a continuación se muestran los siguientes resultados.

**TABLA 3.3**  
**ESTADÍSTICOS DE LOS MODELOS DE RETIROS Y DEPÓSITOS**

Estadísticos	RETIROS	DEPÓSITOS	Estadísticos	RETIROS	DEPÓSITOS
R-squared	0.78597	0.80110	Mean dependent var	7.26925	6.98615
Adjusted R-squared	0.77475	0.79112	S.D. dependent var	0.80099	0.90696
S.E. of regression	0.38015	0.41451	Akaike info criterion	0.95380	1.12499
Sum squared resid	68.9329	82.1300	Schwarz criterion	1.17196	1.33476
Log likelihood	-213.881	-257.936	F-statistic	70.0665	80.2197
Durbin-Watson stat	2.18903	1.77580	Prob(F-statistic)	0.00000	0.00000

**Elaboración: El autor**

Los estadísticos de la tabla 3.3 reflejan que la capacidad explicativa de las regresiones es aceptable puesto que explican el 78.59% y el 80.11% de la variabilidad de las variables dependientes. El  $R^2$  ajustado, el cual significa ajustado a los grados de libertad asociados con las sumas de los cuadrados,

indica que las variables independientes explican cerca del 77.47% y 79.11% de dicha variación.

Con respecto a la prueba de significancia global, los estadísticos F de las regresiones toman valores de 70.06 y 80.21, con probabilidad de estarnos equivocando del 0%, por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las variables explicativas no son significativas conjuntamente. Sin embargo, a fin de verificar el aporte conjunto de los regresores se realizó el contraste de significancia conjunta con el test de Wald y se comprobó la existencia de efectos diferenciales entre las variables bajo una probabilidad asociada al estadístico experimental para rechazar la hipótesis nula de 0%, lo que significa que todas las variables explicativas sean significativas conjuntamente.

**TABLA 3.4**

**CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD CONJUNTA (TEST DE WALD)**

Wald Test:							
Equation: RETIROS				Equation: DEPOSITOS			
Null Hypothesis:				Null Hypothesis:			
C (1) = 0	C (8) = 0	C (15) = 0	C (22) = 0	C (1) = 0	C (8) = 0	C (15) = 0	C (22) = 0
C (2) = 0	C (9) = 0	C (16) = 0	C (23) = 0	C (2) = 0	C (9) = 0	C (16) = 0	C (23) = 0
C (3) = 0	C (10) = 0	C (17) = 0	C (24) = 0	C (3) = 0	C (10) = 0	C (17) = 0	C (24) = 0
C (4) = 0	C (11) = 0	C (18) = 0	C (25) = 0	C (4) = 0	C (11) = 0	C (18) = 0	C (25) = 0
C (5) = 0	C (12) = 0	C (19) = 0	C (26) = 0	C (5) = 0	C (12) = 0	C (19) = 0	
C (6) = 0	C (13) = 0	C (20) = 0		C (6) = 0	C (13) = 0	C (20) = 0	
C (7) = 0	C (14) = 0	C (21) = 0		C (7) = 0	C (14) = 0	C (21) = 0	
			F-statistic =				F-statistic =
			7141.37				5792.18
			Chi-square =				Chi-square =
			185675.66				144804.61
			Probability =				Probability =
			0.0000000				0.0000000
			Probability =				Probability =
			0.0000000				0.0000000

**Elaboración: El autor**

El estadístico Durbin-Watson, el cual se basa en los residuales estimados del análisis de regresión, para cada regresión fue de 2.18 y 1.77. De las tablas Durbin Watson, se encuentra que al nivel del 1%, los límites inferior  $d_L$  y superior  $d_U$  para  $n = 200$  y  $k = 20$  son de 1.426 y 1.896. Con base en la prueba  $d$  se puede asumir que no existe autocorrelación entre las perturbaciones aleatorias del modelo de retiros. Sin embargo, el valor estimado para  $d$  de los errores aleatorios en el

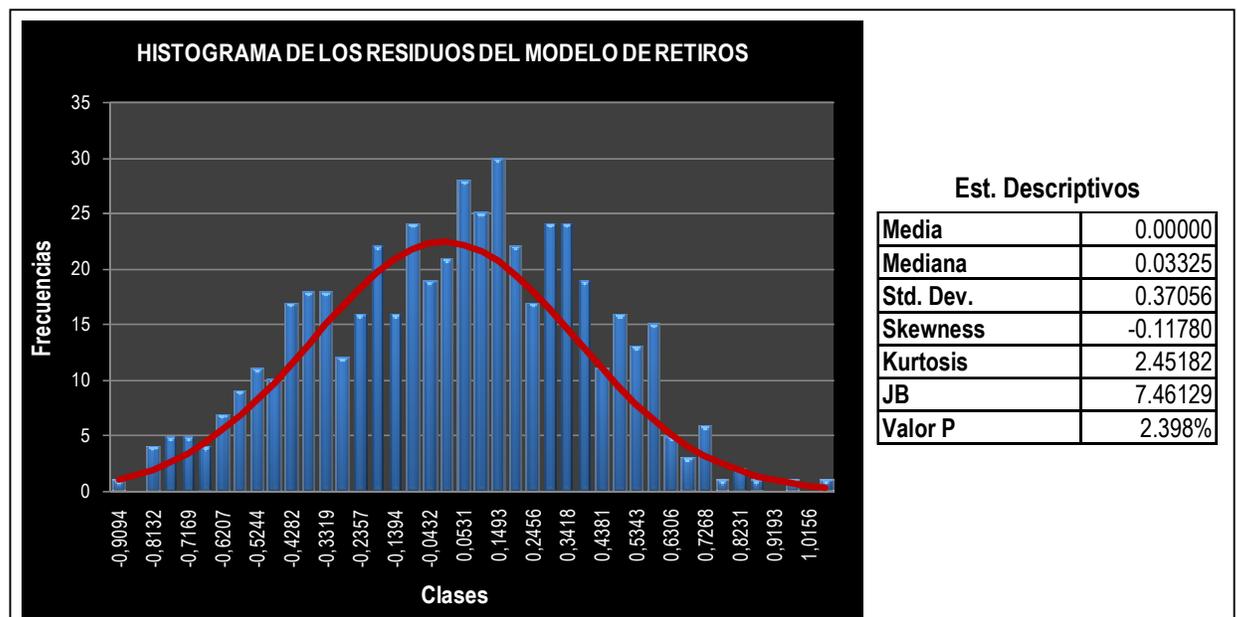
modelo de depósitos cae dentro la zona de indecisión (entre los límites  $d_L$  y  $d_U$ ), por lo que no se puede decir si existe o no correlación.

En lo que respecta con el análisis y detección de colinealidad se puede afirmar que no existe la presencia de multicolinealidad entre los regresores cuantitativos, ya que se presenta una débil correlación inversa. En el caso de las variables cualitativas, se introdujeron  $k - 1$  categorías para evitar el efecto de la multicolinealidad perfecta.

Una vez establecidos los estimadores de los modelos de regresión es importante verificar las hipótesis básicas de la distribución del vector de las perturbaciones aleatorias en el cual se supone que el valor de la media del término del error estocástico es cero y su varianza es constante y no correlacionado con los regresores. Para este propósito se presentan los histogramas de residuos con sus respectivos estadísticos descriptivos para contrastar la normalidad de las series.

### GRÁFICO 3.1

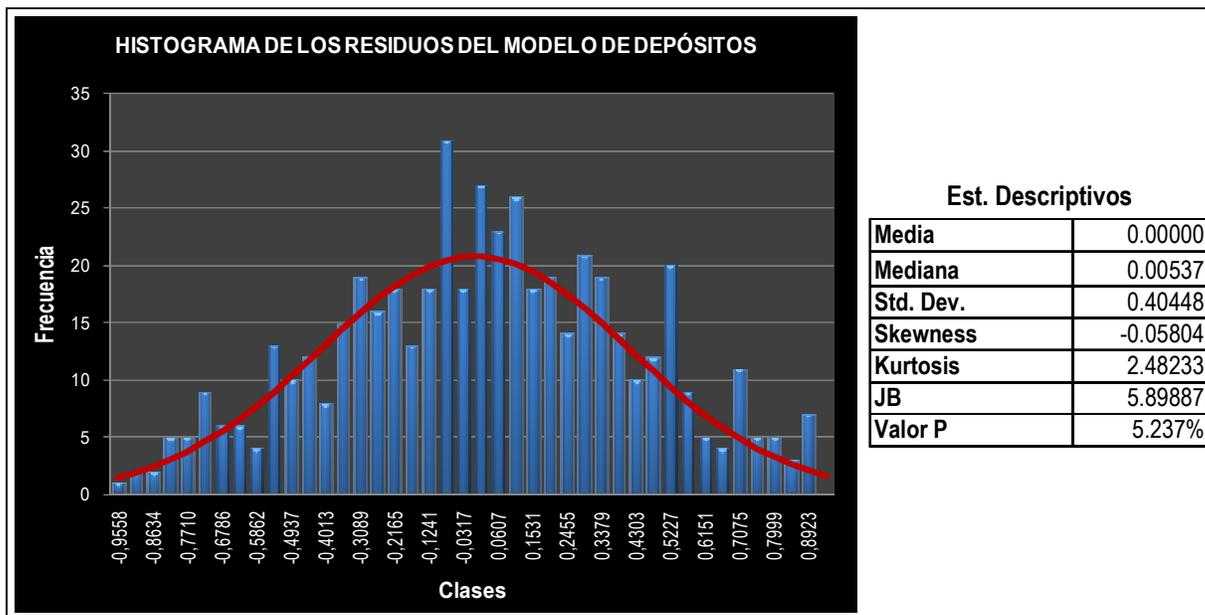
#### HISTOGRAMA DE RESIDUOS PARA EL MODELO DE RETIROS



Elaboración: El autor

## GRÁFICO 3.2

## HISTOGRAMA DE RESIDUOS PARA EL MODELO DEPÓSITOS



**Elaboración:** El autor

En el análisis gráfico de los dos histogramas se observa que los residuos presentan una media de cero, con una desviación estándar de 0.37 y 0.40. Los coeficientes de asimetría son de -0.12 y -0.05, lo que indica que las distribuciones de frecuencias son asimétricas con un pequeño sesgo a la izquierda, es decir, con una mayor concentración de valores menores a la media. Los valores de la kurtosis son de 2.45 y 2.48, por lo que se puede concluir que las curvas de distribución son más aplanadas que una distribución normal. Finalmente, con el fin de contrastar las hipótesis de existencia de normalidad en las distribuciones de errores, se utilizó el estadístico Jarque-Bera (JB)<sup>39</sup>, cuya distribución asintótica es una chi-cuadrado con 2 grados de libertad, que nos arroja probabilidades muy pequeñas para aceptar la hipótesis de normalidad, es decir, para los valores del

<sup>39</sup> El estadístico Jarque-Bera (JB) mide la diferencia entre la kurtosis y asimetría de la serie con respecto a la distribución normal. El estadístico se puede calcular mediante la siguiente expresión:

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

donde A es la asimetría y K es la kurtosis.

estadístico JB de 7.46 y 5.90, su probabilidad de aceptar la hipótesis de normalidad son de 2% y 5% de confianza.

Con respecto al cumplimiento del supuesto de homoscedasticidad, se realizó el contraste de White, que sirve para contrastar la hipótesis nula de homoscedasticidad. En las tablas 3.5 y 3.6 se observa que el estadístico experimental y su probabilidad son mayores que los niveles de significación al 5%, por lo que acepta la hipótesis nula de varianza constante.

**TABLA 3.5**  
**CONTRASTE DE WITHE PARA RETIROS**

White Heteroskedasticity Test: Retiros			
F-statistic	1.1148145	Probability	0.199035
Obs*R-squared	198.2626121	Probability	0.239431

**Elaboración: El autor**

**TABLA 3.6**  
**CONTRASTE DE WITHE PARA DEPÓSITOS**

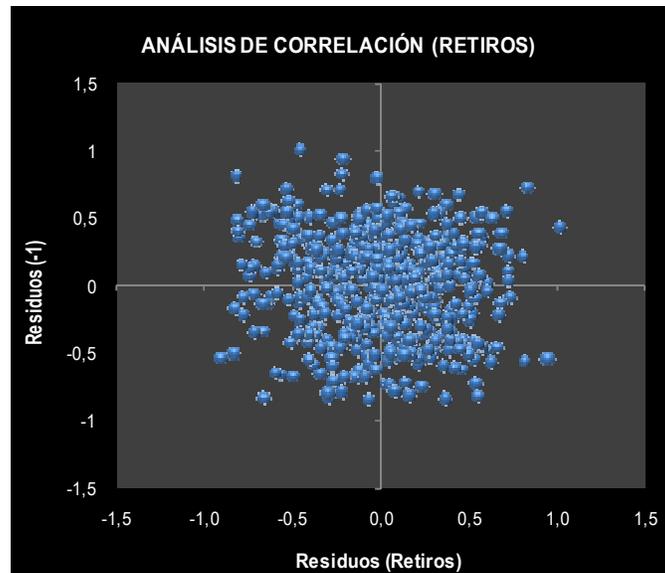
White Heteroskedasticity Test: Depósitos			
F-statistic	1.042724465	Probability	0.370339968
Obs*R-squared	187.2533848	Probability	0.379187497

**Elaboración: El autor**

Desde el mismo objetivo, se procederá a realizar diversos procedimientos para detectar la presencia de autocorrelación entre las perturbaciones estocásticas de ambos modelos. El primer análisis es por medio del método gráfico de los residuos frente a los residuos retardados que sirve para detectar su evolución. Como se puede observar, en los gráficos 3.3 y 3.4, la mayoría de los puntos se encuentran dispersos en los cuatro cuadrantes de los gráficos, lo que nos llevaría a pensar ausencia de autocorrelación.

**GRÁFICO 3.3**

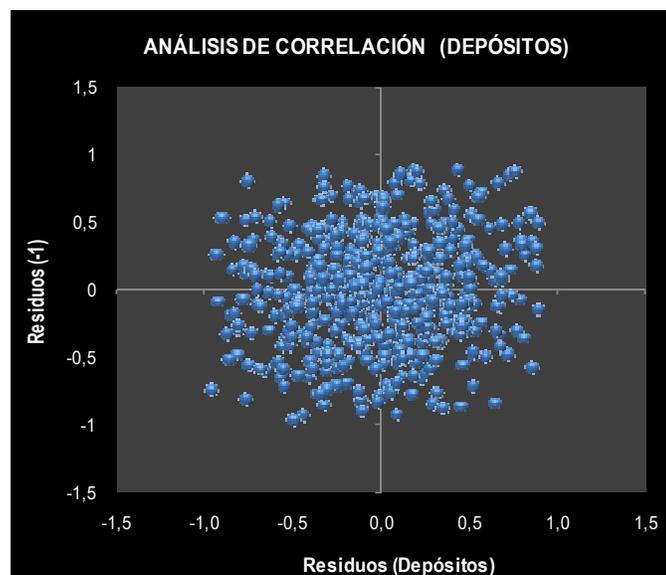
**DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE LOS RESIDUOS DE  $PAGOS_T$  VS.  $PAGOS_{(T-1)}$**



**Elaboración: El autor**

**GRÁFICO 3.4**

**DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE LOS RESIDUOS DE  $DEPÓSITOS_T$  VS.  $DEPÓSITOS_{(T-1)}$**



**Elaboración: El autor**

Sin embargo, como se había indicado anteriormente, el estadístico de Durbin-Watson para el modelo de depósitos toma el valor de 1.77, cayendo dentro la zona de indecisión para rechazar o aceptar hipótesis nula de ausencia de autocorrelación. A fin de verificar el supuesto de no correlación entre los residuos del modelo, se realizó el contraste de Breusch-Godfrey de orden 1, que dio como resultado un valor de 3.984 y una probabilidad de 5% para aceptar la hipótesis nula de ausencia de correlación serial. Por lo tanto, se puede asumir que las perturbaciones aleatorias de los modelos de retiros y depósitos no presentan autocorrelación.

**TABLA 3.7**

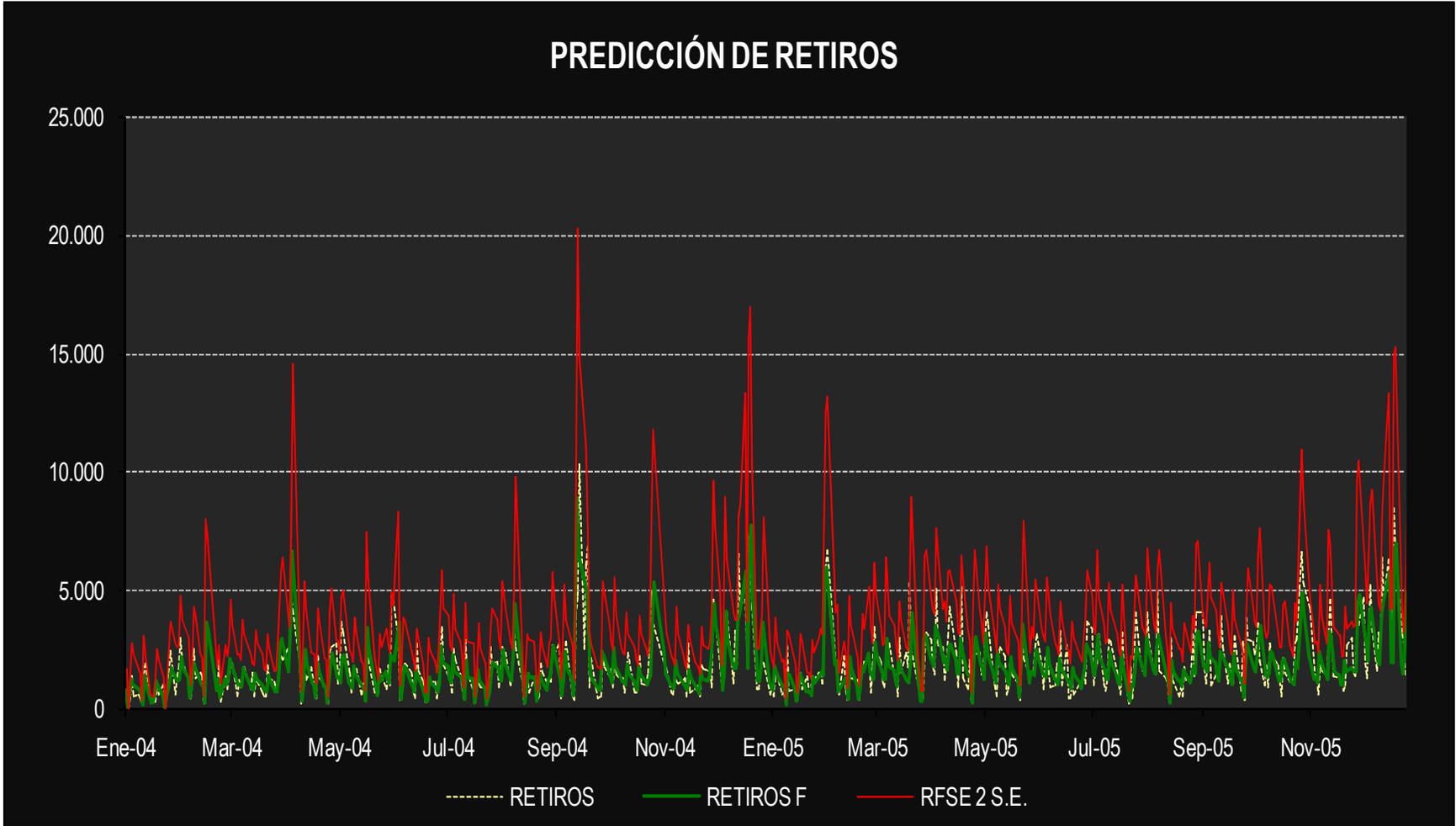
**CONTRASTE BREUSCH-GODFREY PARA DEPÓSITOS**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test: Depósitos			
F-statistic	3.809005893	Probability	0.051562538
Obs*R-squared	3.984804654	Probability	0.045912424

**Elaboración: El autor**

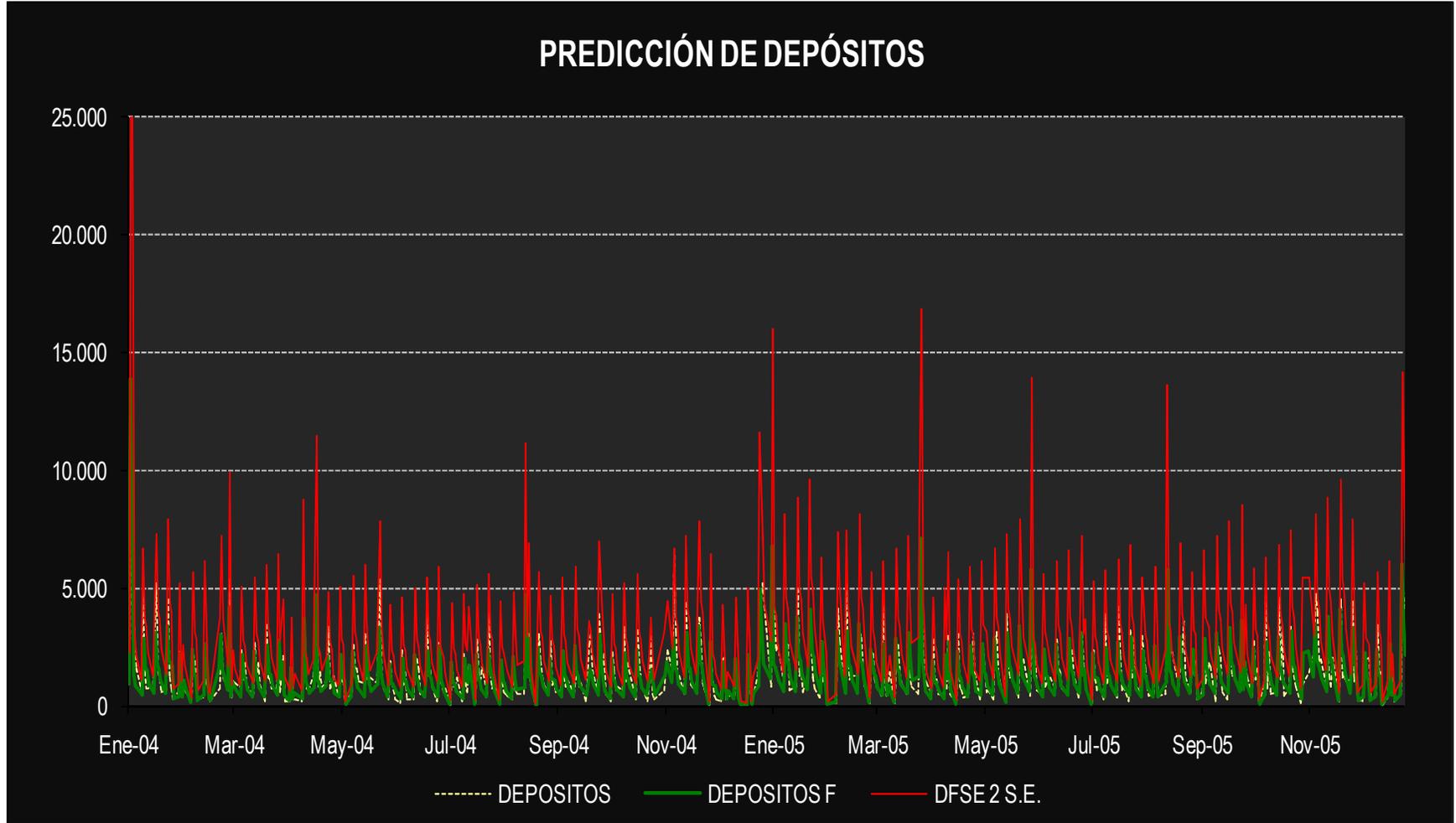
Finalmente, a fin de establecer la capacidad predicativa del modelo, se realiza el análisis de predicción con las variables endógenas para los valores dados de las variables explicativas. La presentación de los resultados se lo realiza mediante una representación gráfica de los valores de las predicciones a partir del 2 de enero del 2004 hasta el 30 de diciembre del 2005.

GRÁFICO 3.5



Elaboración: El autor

GRÁFICO 3.6



Elaboración: El autor

Así, los modelos resultantes serán:

$$\ln(Ret_t) = \beta_0 + \beta_1 Trend + \beta_2 Año + \beta_3 \ln( Dep ) + \sum_{i=4}^7 \beta_i IND_i + \sum_{i=8}^{19} \beta_i INM_i + \beta_{20} Feriado_1 + \beta_{21} F_{MES} + \sum_{i=22}^{24} \beta_i Out_i + \beta_{25} Banco + \beta_{26} Atipico + v_t \quad (3.35)$$

donde

Ret = retiros diarios

$B_0$  = termino de intercepción

Trend = tendencia.

Año = denota el nivel para los años 2004 y 2005.

$IND_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora de los días de la semana (lunes a jueves).

$INM_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora de los meses del año (enero a noviembre).

$Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora de los dos días anteriores de un feriado.

$F_{MES}$  = denota el nivel de la variable indicadora de los días de fin de mes.

$OUT_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora para errores en los datos que no se pudieron explicar por la ocurrencia de un evento.

Banco = variable de intervención que indica la presencia de corridas bancarias para instituciones de gran tamaño.

Atípico = variable de intervención que indica la presencia de rumores bancarios de baja magnitud.

$v_t$  = termino de perturbación estocástico.

$$\ln(Dep) = \beta_0 + \beta_1 Trend + \beta_2 Año + \sum_{i=3}^6 \beta_i IND_i + \sum_{i=7}^{17} \beta_i INM_i + \beta_{18} Feriado_1 + \beta_{19} Feriado_2 + \beta_{20} F_{MES} + \beta_{21} IND_4 Feriado_1 + \sum_{i=22}^{24} \beta_i Outd_i + \beta_{25} Atipd + \eta_t \quad (3.36)$$

donde

Dep = flujo de depósitos diarios para los billetes de mayor utilización (1, 5, 10, 20 dólares).

$B_0$  = termino de intercepción

Trend = tendencia.

Año = denota el nivel para los años 2004 y 2005.

$IND_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora de los días de la semana (lunes a jueves).

$INM_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora de los meses del año (enero a noviembre).

$Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora de los días anteriores de un feriado.

$Feriado_2$  = denota el nivel de la variable indicadora de los días posteriores de un feriado.

$F_{MES}$  = denota el nivel de la variable indicadora de los días de fin de mes.

$OUT_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora para errores en los datos que no se pudieron explicar por la ocurrencia de un evento.

$INM_4 * Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora cuando el día de la semana es miércoles y coincide con los días anteriores a un feriado.

$\eta_t$  = termino de perturbación estocástico.

### **3.7. COMPARACIÓN CON EL MODELO BOX Y JENKINS**

Para llevar a cabo una evaluación del desempeño de los modelos se llevo a cabo una comparación con la metodología de series temporales de Box y Jenkins para las series de retiros y depósitos.<sup>40</sup> Como se había indicado anteriormente, que las series presentan periodicidad y estacionalidad diaria con ciertos faltantes de información; para ello se rellenó las filas con los datos más aproximados a su

---

<sup>40</sup> En la guía de usuario del paquete estadístico Eviews 5, sección “Los principios del modelamiento ARIMA (Box y Jenkins 1976)”, pagina 312, indica que la natural correlación entre los valores actuales con respecto a su pasado provee una guía para la especificación del modelo ARIMA

frecuencia. En este caso, se estableció como los valores más aproximados, los valores del mismo día de la semana anterior.

En el desarrollo metodológico para determinar los estimadores de los parámetros del modelo mediante la metodología Box y Jenkins se analizaron los diagramas de autocorrelaciones y se observó que las primeras autocorrelaciones de los dos correlogramas no son muy grandes, por lo que no es necesario realizar la diferenciación no estacional de la serie. Sin embargo, se detectó que la quinta, la décima, la decimoquinta, la veinteava autocorrelaciones se salen del nivel de confianza, lo cual se verifica con lo expuesto anteriormente que se necesita una diferenciación estacional de orden cinco. (Ver Gráfico 3.7)

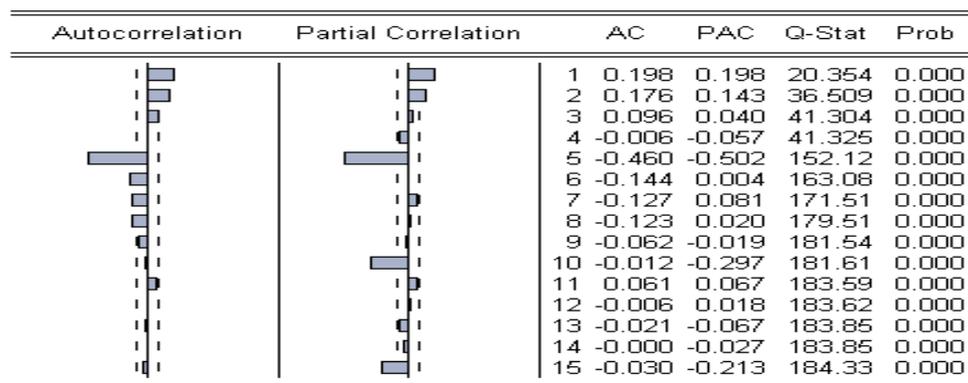
**GRÁFICO 3.7**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.385	0.385	77.690	0.000
		2	0.192	0.051	97.007	0.000
		3	0.131	0.049	106.10	0.000
		4	0.216	0.169	130.75	0.000
		5	0.258	0.140	165.91	0.000
		6	0.122	-0.055	173.77	0.000
		7	-0.044	-0.144	174.81	0.000
		8	-0.044	-0.035	175.85	0.000
		9	0.104	0.118	181.63	0.000
		10	0.212	0.153	205.74	0.000
		11	0.118	0.012	213.23	0.000
		12	-0.071	-0.135	215.91	0.000
		13	-0.070	-0.048	218.55	0.000
		14	0.044	0.023	219.61	0.000
		15	0.115	0.040	226.80	0.000
		16	0.026	-0.014	227.18	0.000
		17	-0.143	-0.101	238.28	0.000
		18	-0.112	-0.001	245.13	0.000
		19	0.030	0.053	245.61	0.000
		20	0.149	0.094	257.72	0.000

**Elaboración: El autor**

Luego de realizar la diferenciación estacional, se analizó la elección de los parámetros  $p$ ,  $q$ ,  $P$  y  $Q$ . En el diagrama de autocorrelación del Gráfico No. 3.8, de la serie diferenciada estacionalmente de orden cinco, se observa que la autocorrelación en el orden cinco se sale del nivel de confianza y los primeros órdenes de la autocorrelación parcial decrecen de forma exponencial. Además, las autocorrelaciones parciales de orden uno y dos se salen de la banda, lo que se podría pensar en un modelo  $q = 0$ ,  $y = p = 2$ ,  $P = 0$  y  $Q = 1$ .

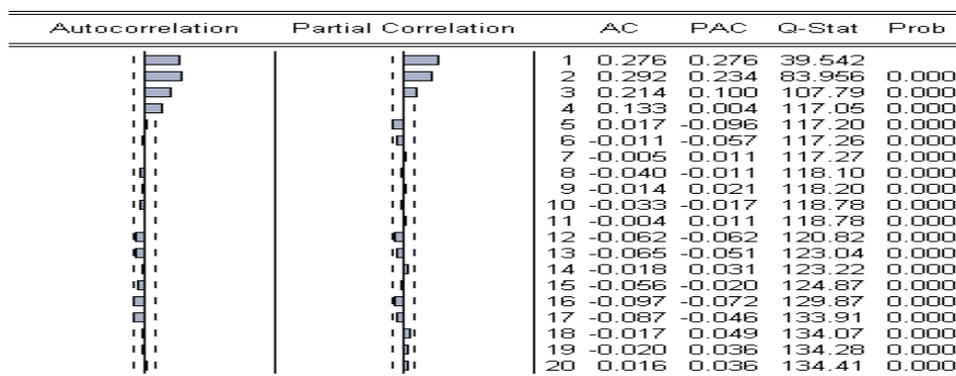
**GRÁFICO 3.8**  
**CORRELOGRAMA**



**Elaboración: El autor**

Al insertar la variable de orden  $Q = 1$ , se puede verificar el correlograma en el Gráfico No. 3.9, no todos los residuos están dentro de las bandas de confianza, por ejemplo, las barras uno, dos, tres y cuatro del diagrama autocorrelación y las barras uno, dos y tres del diagrama de autocorrelación parcial sobresalen al nivel de confianza, para lo cual se introdujo al modelo la siguiente variables  $q = 4$ .

**GRÁFICO 3.9**  
**CORRELOGRAMA**



**Elaboración: El autor**

Finalmente, en el Gráfico No. 3.10 se verifica que las funciones de autocorrelación para el flujo de retiros no muestran valores significativos menores al 5% de confianza, por lo que se asume que no es necesario incluir nuevas variables al modelo.

**GRÁFICO 3.10**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.003	-0.003	0.0056	
		2	-0.002	-0.002	0.0074	
		3	0.014	0.014	0.1090	
		4	0.034	0.034	0.7113	
		5	-0.001	-0.001	0.7122	
		6	-0.070	-0.071	3.2813	0.070
		7	-0.018	-0.019	3.4446	0.179
		8	-0.039	-0.041	4.2361	0.237
		9	0.009	0.011	4.2769	0.370
		10	-0.034	-0.029	4.8733	0.432
		11	0.030	0.032	5.3451	0.500
		12	-0.047	-0.050	6.5176	0.481
		13	-0.043	-0.046	7.4954	0.484
		14	0.047	0.042	8.6715	0.468
		15	-0.013	-0.014	8.7613	0.555
		16	-0.085	-0.087	12.539	0.325
		17	-0.065	-0.062	14.796	0.253
		18	0.023	0.012	15.081	0.302
		19	-0.003	-0.005	15.087	0.372
		20	0.024	0.031	15.394	0.423

**Elaboración: El autor**

Asimismo, con el propósito de determinar el modelo del flujo de depósitos mediante la metodología de Box y Jenkins, se llevó a cabo el mismo procedimiento descrito anteriormente. El primer paso se efectuó el análisis del correlograma (Ver Gráfico No. 3.11), con lo que se determina que la serie también presenta un componente estacional de orden cinco.

**GRÁFICO 3.11**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.041	0.041	0.8825	0.348
		2	-0.097	-0.099	5.8119	0.055
		3	-0.065	-0.057	8.0343	0.045
		4	-0.035	-0.040	8.6762	0.070
		5	0.557	0.558	173.08	0.000
		6	-0.082	-0.216	176.68	0.000
		7	-0.164	-0.068	190.94	0.000
		8	-0.196	-0.237	211.39	0.000
		9	-0.083	0.010	215.10	0.000
		10	0.499	0.262	347.89	0.000
		11	-0.114	-0.105	354.79	0.000
		12	-0.170	-0.039	370.33	0.000
		13	-0.189	-0.096	389.45	0.000
		14	-0.095	-0.040	394.29	0.000
		15	0.487	0.184	522.36	0.000
		16	-0.097	-0.062	527.48	0.000
		17	-0.207	-0.112	550.80	0.000
		18	-0.190	-0.051	570.37	0.000
		19	-0.088	-0.031	574.55	0.000
		20	0.448	0.092	683.81	0.000

**Elaboración: El autor**

Luego de realizar la diferenciación estacional, se incluyó dos componentes estacionales, una media móvil de orden  $Q = 1$  y un término autoregresivo de orden  $P = 1$ , debido a que en el gráfico 3.12 se observa que la quinta

autocorrelación, y las correlaciones parciales divisoras de orden cinco se sobresalen del nivel de confianza.

**GRÁFICO 3.12**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.218	0.218	24.797	0.000
		2	0.034	-0.014	25.405	0.000
		3	0.203	0.209	46.996	0.000
		4	-0.017	-0.117	47.152	0.000
		5	-0.429	-0.438	143.65	0.000
		6	-0.090	0.069	147.88	0.000
		7	-0.059	-0.024	149.72	0.000
		8	-0.157	0.049	162.70	0.000
		9	-0.046	-0.034	163.85	0.000
		10	-0.065	-0.311	166.08	0.000
		11	-0.060	0.031	167.98	0.000
		12	0.033	0.066	168.56	0.000
		13	0.009	0.014	168.60	0.000
		14	-0.028	-0.044	169.02	0.000
		15	0.040	-0.193	169.87	0.000
		16	-0.015	-0.054	169.99	0.000
		17	-0.056	0.041	171.66	0.000
		18	0.025	0.062	171.99	0.000
		19	-0.021	-0.079	172.22	0.000
		20	-0.042	-0.148	173.18	0.000

**Elaboración: El autor**

Al insertar las variables de orden  $Q = 1$  y  $P = 1$ , se puede observar en el Gráfico No. 3.13 que los rezagos de orden uno, dos y tres del diagrama de autocorrelación se salen de los niveles de confianza, por lo que se incluye una media móvil de orden 3.

**GRÁFICO 3.13**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.184	0.184	17.450	
		2	0.112	0.081	23.927	
		3	0.215	0.189	47.798	0.000
		4	0.022	-0.055	48.058	0.000
		5	-0.001	-0.030	48.058	0.000
		6	-0.063	-0.104	50.121	0.000
		7	-0.015	0.023	50.232	0.000
		8	-0.072	-0.059	52.939	0.000
		9	-0.070	-0.015	55.499	0.000
		10	-0.022	-0.003	55.757	0.000
		11	-0.111	-0.083	62.207	0.000
		12	-0.021	0.023	62.428	0.000
		13	-0.024	-0.012	62.744	0.000
		14	-0.078	-0.047	65.961	0.000
		15	0.002	0.014	65.963	0.000
		16	-0.064	-0.063	68.121	0.000
		17	-0.099	-0.083	73.332	0.000
		18	-0.013	0.018	73.421	0.000
		19	-0.042	-0.022	74.379	0.000
		20	-0.060	-0.035	76.319	0.000

**Elaboración: El autor**

Finalmente, el Gráfico No. 3.14 muestra que las funciones de autocorrelación para los dos diagramas no presentan valores significativos al 5% de confianza, por lo que se asume que no es necesario incluir nuevas variables al modelo.

**GRÁFICO 3.14**  
**CORRELOGRAMA**

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.003	0.003	0.0034	
		2	0.003	0.003	0.0084	
		3	0.001	0.001	0.0086	
		4	0.025	0.025	0.3416	
		5	-0.001	-0.001	0.3420	
		6	-0.053	-0.054	1.8239	0.177
		7	-0.002	-0.002	1.8261	0.401
		8	-0.040	-0.040	2.6610	0.447
		9	-0.043	-0.043	3.6283	0.459
		10	0.007	0.010	3.6534	0.600
		11	-0.089	-0.089	7.7745	0.255
		12	0.004	0.003	7.7822	0.352
		13	0.003	0.005	7.7860	0.455
		14	-0.041	-0.047	8.6542	0.470
		15	0.028	0.028	9.0553	0.527
		16	-0.048	-0.050	10.262	0.507
		17	-0.074	-0.089	13.205	0.354
		18	-0.000	0.002	13.205	0.432
		19	-0.011	-0.020	13.264	0.506
		20	-0.031	-0.043	13.781	0.542

**Elaboración: El autor**

Como en los análisis anteriores, luego de establecidos los estimadores de los modelos SARIMA, es importante verificar la significatividad de las variables y la hipótesis básicas de las distribuciones de las perturbaciones aleatorias para lo cual se presenta los estadísticos más representativos y los histogramas de los residuos.

Con respecto al análisis de significatividad, se puede asumir que casi todas las variables introducidas bajo la metodología de Box y Jenkins son significativas; sin embargo, el término de intercepción o constante del modelo de depósitos se puede asumir que es igual a cero a un nivel de significancia del 16%. De tal modo, se asume que los modelos SARIMA<sub>5</sub>(3,0,0)(1,1,1) con constante y SARIMA<sub>5</sub>(0,0,3)(1,1,1) sin constante se ajustan adecuadamente al comportamiento de los flujos de retiros y depósitos. A continuación, en las tablas No. 3.8 y 3.9, se presentan los estimadores de las regresiones para los modelos mediante la metodología de Box y Jenkins.

**TABLA 3.8****ESTIMADORES DEL MODELO DE RETIROS (BOX y JENKINS)**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.00620646	0.00221495	2.8020719	0.00527
AR(1)	0.18668788	0.04463245	4.18278347	0.00003
AR(2)	0.23058875	0.04453697	5.17746824	0.00000
AR(3)	0.10505696	0.04518418	2.32508296	0.02046
SAR(5)	-0.08916736	0.04668783	-1.90986282	0.05672
SMA(5)	-0.97137853	0.00998573	-97.27664144	0.00000

Elaboración: El autor

**TABLA 3.9****ESTIMADORES DEL MODELO DE DEPÓSITOS (BOX y JENKINS)**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.00272695	0.00196475	1.38793893	0.16577
AR(5)	0.12445895	0.04668797	2.66576062	0.00793
MA(3)	0.24916424	0.04322334	5.76457668	0.00000
MA(2)	0.07820396	0.04496340	1.73928056	0.08259
MA(1)	0.16366153	0.04351327	3.76118697	0.00019
SMA(5)	-0.97167335	0.00707811	-137.27867851	0.00000

Elaboración: El autor

**TABLA 3.10****ESTADÍSTICOS DEL MODELO DE RETIROS Y DEPÓSITOS (BOX y JENKINS)**

Estadísticos	RETIROS	DEPÓSITOS	Estadísticos	RETIROS	DEPÓSITOS
R-squared	0.55608	0.47680	Mean dependent var	0.01491	-0.00156
Adjusted R-squared	0.55166	0.47163	S.D. dependent var	0.84350	0.82695
S.E. of regression	0.56479	0.60110	Akaike info criterion	1.70699	1.83154
Sum squared resid	160.4497	182.8295	Schwarz criterion	1.75688	1.88121
Log likelihood	-428.428	-462.875	F-statistic	126.0152	92.2257
Durbin-Watson stat	1.99724	1.98006	Prob(F-statistic)	0.00000	0.00000

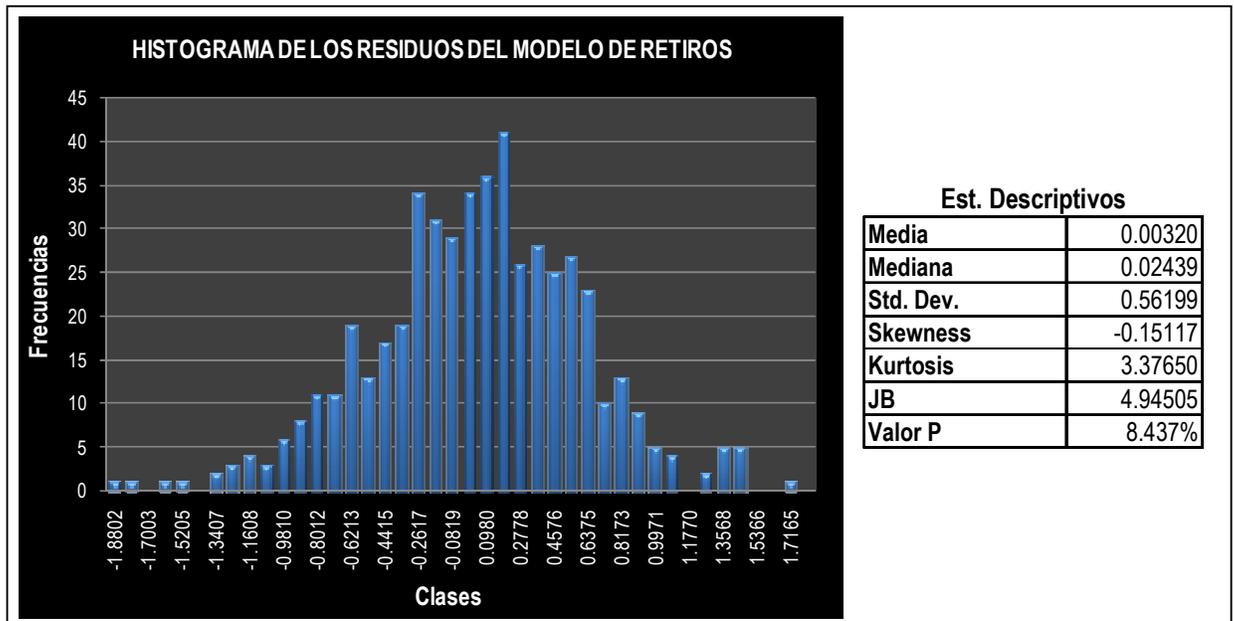
Elaboración: El autor

Los estadísticos de la Tabla No. 3.10 reflejan que la capacidad explicativa de las regresiones ajustado al número de parámetros es de 55.61% y el 47.68% con respecto a la variabilidad de las variables dependientes. El estadístico F de las regresiones toma valores de 126.02 y 92.23, con probabilidad de estarnos equivocando del 0%, por lo cual se rechaza la hipótesis nula de que las variables explicativas no son significativas conjuntamente.

Con respecto al supuesto de normalidad, en los Gráficos No. 3.15 y 3.16 se puede observar que solamente el modelo de retiros cumple con los supuestos con una probabilidad del 8%, debido a que los errores del modelo de flujos de depósitos presentan una leve asimetría en su lado izquierdo. Por lo tanto, es necesario corregir tal efecto mediante variables de intervención u outliers.<sup>41</sup>

### GRÁFICO 3.15

#### HISTOGRAMA DE RESIDUOS PARA EL MODELO RETIROS (B. JENKINS)

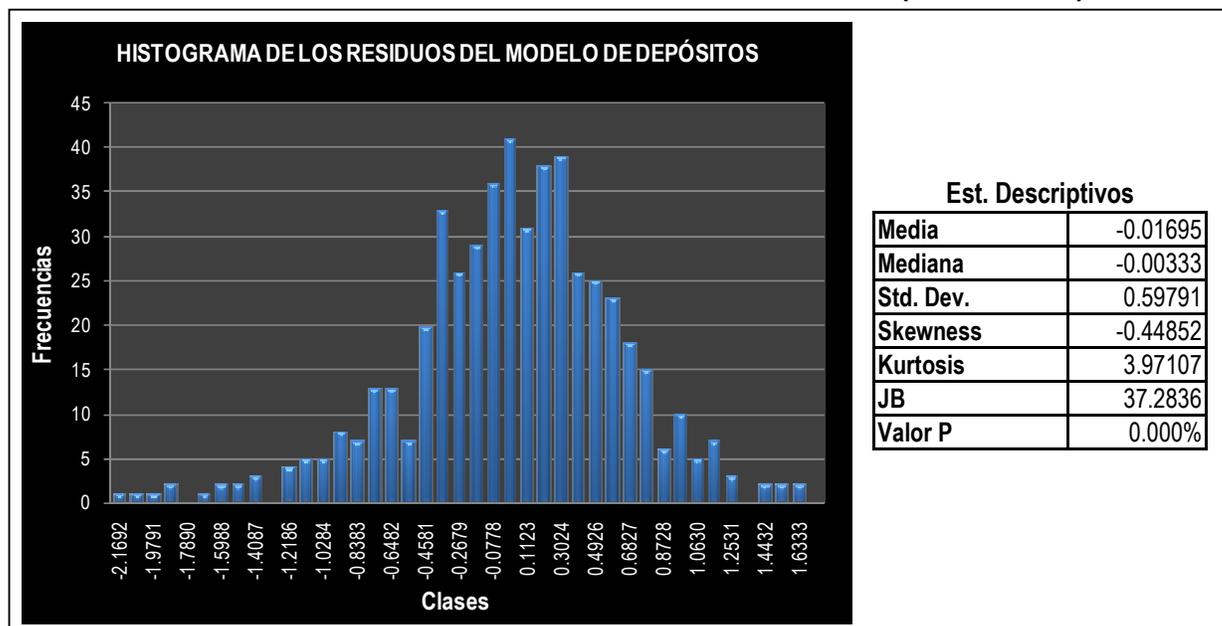


Elaboración: El autor

<sup>41</sup> Para más detalle de las variables utilizadas ver el Anexo 3.5

GRÁFICO 3.16

## HISTOGRAMA DE RESIDUOS PARA EL MODELO DEPÓSITOS (B. JENKINS)



Elaboración: El autor

Luego de analizar las razones para el comportamiento de la cola izquierda el modelo final que se llegó a estimar, el cual cumplía con todos los supuestos de los modelos de regresión, fue el modelo  $SARIMAX_5((0,0,3),(1,0,1),2)$  sin constante.

TABLA 3.11

## ESTADÍSTICOS DEL MODELO DE DEPÓSITOS (BOX y JENKINS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
OUT1	-0.22169973	0.05881055	-3.7697271	0.00018
OUT2	0.35982428	0.08565870	4.20067399	0.00003
AR(5)	0.11859399	0.04769677	2.48641537	0.01323
MA(3)	0.24224828	0.04228513	5.72892389	0.00000
MA(2)	0.07540689	0.04492286	1.67858603	0.09386
MA(1)	0.16464735	0.04403008	3.73942838	0.00021
SMA(5)	-0.95942158	0.01383153	-69.36481282	0.00000

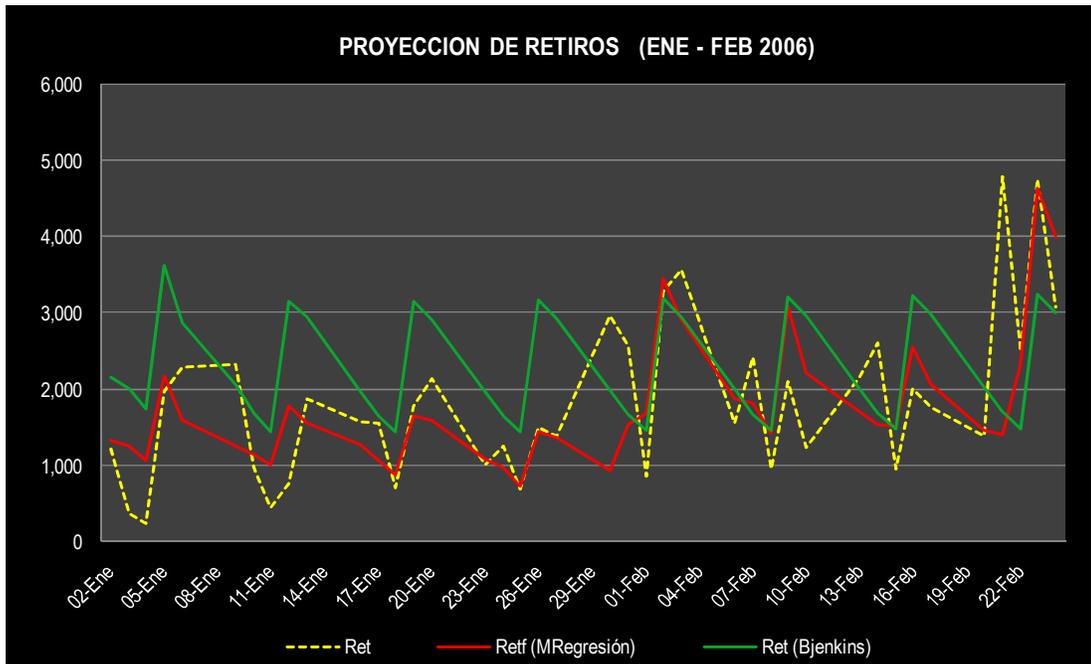
R-squared	0.49793	Mean dependent var	0.0017721
Adjusted R-squared	0.49191	S.D. dependent var	0.8280425
S.E. of regression	0.59023	Akaike info criterion	1.7971178
Sum squared resid	174.1885	Schwarz criterion	1.8554996
Log likelihood	-448.5694	Durbin-Watson stat	1.9783799

**Elaboración: El autor**

A partir del estudio realizado se pudo determinar que los estadísticos de los modelos de regresión son mejores que los del modelo SARIMA, puesto que para describir el comportamiento de los retiros y depósitos, la primera metodología presenta un  $R^2$  ajustado de 0.77 y 0.80, superior en 0.22 y 0.30 al segundo procedimiento. Las sumas de los errores de la regresión para cada uno de los modelos son de 0.38 y 0.42 para la primera metodología, y de 0.56 y 0.59 para el segundo procedimiento, dando como resultados que los modelos presentados al principio de este capítulo son mejores, a pesar que los criterios de Schwarz y Akaike, cuyos estadísticos recompensan los buenos ajustes pero penalizan las pérdidas de grados de libertad, presentan mejores estadísticos para la metodología de Box y Jenkins.

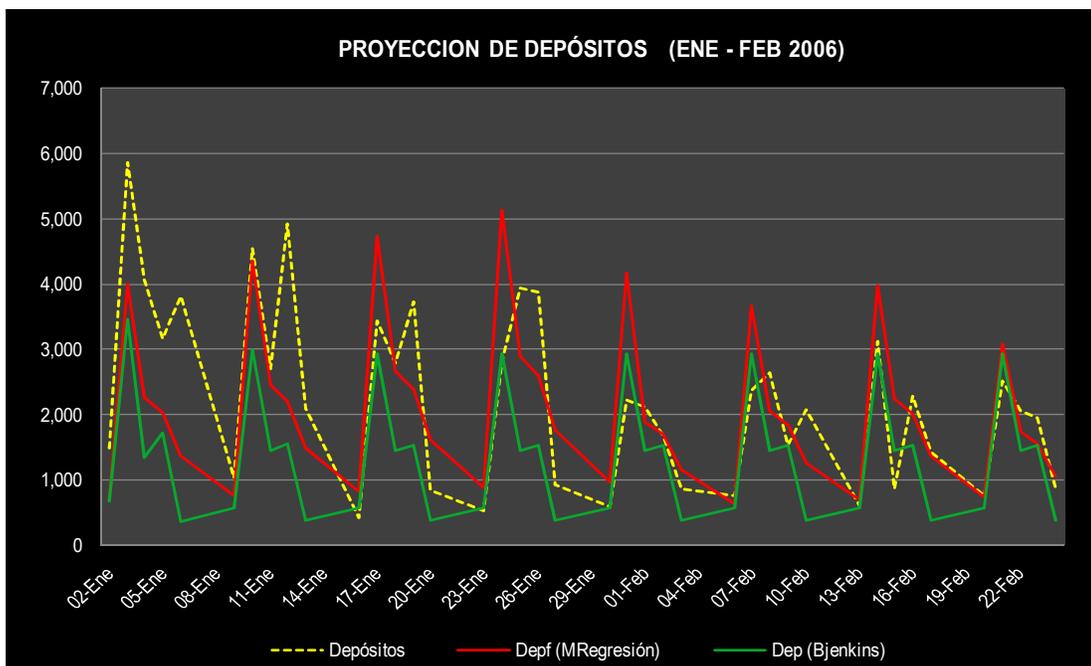
Adicionalmente, a partir de las estimaciones de los modelos de especies monetarias, a fin de comparar la capacidad predictiva de los modelos, se obtiene la predicción extra-muestral para el mes de enero y febrero de 2006. En los gráficos, las líneas de color roja y verde representan las predicciones de la media de los modelos analizados, mientras que línea de color amarillo es el valor real para ambos flujos. Adicionalmente, a partir de este análisis, en la tabla 3.12 se obtienen los estadísticos que miden la capacidad predictiva de los modelos con respecto a los valores reales.

**GRÁFICO 3.17**  
**PROYECCION EXTRAMUESTRAL DE RETIROS**



Elaboración: El autor

**GRÁFICO 3.18**  
**PROYECCION EXTRAMUESTRAL DE DEPÓSITOS**



Elaboración: El autor

**TABLA 3.12**  
**ESTADÍSTICOS DE PREDICCIÓN EXTRA-MUESTRAL**

Estadísticos	RETIROS		DEPÓSITOS	
	M. Regresión	M. B. Jenkins	M. Regresión	M. B. Jenkins
Root Mean Squared Error	847.35	1,146.0	1,070.2	1,362.25
Mean Absolute Error	590.59	964.436	797.82	993.101
Mean Absolute Percent Error	46.155	87.835	38.753	40.3195
Theild Inequality Coefficient	0.2080	0.2537	0.2114	0.3166

**Elaboración: El autor**

Finalmente, con los resultados obtenidos, se puede indicar que la primera metodología presenta mejores estadísticos para la predicción extra-muestral por lo tanto, a fin de establecer un mejor procedimiento para reducir los costos y maximizar su rentabilidad, se toma como referencia a los modelos de la primera metodología.

## **CAPÍTULO 4**

### **CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO EN EL MEJORAMIENTO DE LA ADMINISTRACION DE ESPECIES MONETARIAS**

En las últimas décadas, la apertura del mercado mundial viene actuando en los distintos países del mundo, unificando mercados, sociedades y culturas, a través de transformaciones sociales, económicas y políticas. La unificación de los mercados ha incrementado la libre competencia entre las empresas, exigiendo que las mismas, logren dominar nuevas habilidades para adecuarse ante los cambios tecnológicos y a los requerimientos de los consumidores.

El desarrollo de la libre competencia obliga a las empresas implementar productos y servicios que les permita alcanzar ventajas competitivas para sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico. Actualmente, la existencia de las empresas se basa en el posicionamiento del mercado y en la comparación continua de sus procesos. Michael E. Potter, en su libro “Ser Competitivo”, indica que una empresa solo puede perdurar en el tiempo si se consigue establecer una diferencia que le permita obtener mejores resultados que sus rivales.

El posicionamiento de las empresas no solo se debe basar en la implementación de estrategias, sino también en el mejoramiento de los procesos operativos. Las estrategias deben ser flexibles ante los cambios de la competencia y/o del mercado; radicando en la forma en la que se desea afrontar la competencia. En cambio, los procesos operativos de las empresas deben buscar su mejor procedimiento para reducir los costos y generar rentabilidad.

El presente capítulo se enfocará al mejoramiento de la importación y exportación de remesas que permita al Banco Central del Ecuador establecer un modelo de control y evaluación de Especies Monetarias. El modelo a utilizar se desarrolla por

medio de una herramienta cuantitativa que nos permita determinar un nivel adecuado de inventario y también se podrá utilizar en otras aplicaciones del sector financiero como la administración de la tesorería.

#### **4.1 MÉTODOS EVOLUTIVOS PARA ENCONTRAR ADECUADAS SOLUCIONES**

A lo largo de los años, la investigación de operaciones se ha venido desarrollando a partir de la segunda guerra mundial donde se implementaron un sin número de métodos con el propósito de asignar eficiente los recursos económicos. Entre los métodos de optimización más populares, los métodos evolutivos han tomado tremenda popularidad como una técnica de búsqueda de soluciones basada en mecanismos neo-Darwiniano de evolución orgánica, donde los individuos más aptos son los que sobreviven al adaptarse a los cambios en su entorno.

Los métodos evolutivos son procedimientos aproximados de búsquedas de soluciones que se constituyen como una técnica heurística para resolver problemas de gran complejidad computacional. Aunque estos métodos apliquen todas las alternativas posibles y garanticen un buen resultado en la solución del problema, es necesario que estos métodos sean eficientes, ya que la rapidez del proceso es tan importante como la calidad de la solución obtenida.

Los métodos heurísticos también pueden concebirse mediante estrategias generales de selección que guían el algoritmo de selección natural como un procedimiento de alto grado de rendimiento. En este trabajo de investigación vamos a utilizar la aplicación desarrollada por Decisioneering<sup>42</sup> para englobar

---

<sup>42</sup> El OptQuest se desarrolla en base a métodos enumerativos inteligentes que buscan soluciones óptimas dentro de modelos de simulación. Estos métodos permiten buscar los valores de las variables de decisión que maximizan o reducen al mínimo un objetivo determinado. Esta herramienta incorpora métodos de búsqueda de dispersión que guían

todos los escenarios posibles y obtener resultados adecuados en la toma de decisiones.

Para garantizar la calidad de las soluciones obtenidas, el manual de usuario del Optquest, publicado por Decisioneering, presenta un requisito mínimo de interacciones y de simulaciones para el algoritmo de optimización. En la tabla 4.1 se presenta el número mínimo interacciones y de simulaciones para guíen una solución de buena calidad:

**TABLA 4.1**

<b>Nº mínimo de interacciones para encontrar buenas estimaciones</b>			
<b>Nº de Interacciones</b>	<b>Estadísticos</b>	<b>Nº de Variables de Decisión</b>	<b>Nº de Simulaciones</b>
200 - 500	Media	< 10	100
		10 - 20	500
		21 - 50	2,000
		51 - 100	5,000
1000	Percentiles y colas de distribuciones	< 10	100
		10 - 20	500
		21 - 50	2,000
		51 - 100	5,000

**Fuente: Optquest User Manual**

**Elaboración: El autor**

Finalmente, el proceso de optimización bajo incerteza en el saldo de caja proveerá un producto mix de estrategias que involucrará la evaluación de cada uno de los eventos improbables para encontrar las mejores soluciones de las

---

la construcción del algoritmo heurístico para encontrar de mejores soluciones. Para más detalle sobre el funcionamiento del OptQuest ver en:

OptQuest for Crystal Ball 2000, User Manual, Pág 18, Decisión Eering Inc., Denver, Colorado, USA, 2000.

<http://www.decisioneering.com/optquest/methodology.html>,

<http://www.decisioneering.com/optquest/comparisons.html>,

<http://www.decisioneering.com/optquest/complexsystems.html>

variables de decisión.<sup>43</sup> Este hecho, englobará todos los escenarios posibles para obtener resultados adecuados en la toma de decisiones y determinará el impacto de las acciones que definen la situación del problema.

#### **4.1.1 MODELO DE REDUCCIÓN DE COSTOS PARA EL MANEJO DE ESPECIES MONETARIAS**

La problemática principal de la administración del saldo de caja, es determinar un cronograma de órdenes que se ajusten a un ambiente de incertidumbre. Al considerar los modelos de flujos de operación no determinísticos observamos que es difícil encontrar una solución de tal manera que se minimice el costo total del inventario. En el siguiente análisis se pretende encontrar adecuadas soluciones sobre cada una de las características más importantes de los eventos. Los supuestos de nuestro modelo vienen determinados por las siguientes presunciones (Ver Anexo No. 4):

- Se utilizaron los billetes de 1, 5, 10, 20 dólares en la estimación del modelo de depósitos de acuerdo a las denominaciones más utilizadas en el flujo de retiros. Para determinar el comportamiento del flujo de retiros se utilizaron todas las denominaciones con el propósito de garantizar su demanda.
- Los componentes aleatorios de cada uno de los modelos se representa por una distribución Normal de parámetros  $N \sim (0; 0.1636)$  y  $N \sim (0; 0.1373)$ . La primera corresponde a las perturbaciones del modelo de retiro y la segunda a la de depósitos.
- El saldo inicial del inventario es de USD 12.500 y se asume que ningún pedido afecta a su nivel.

---

<sup>43</sup> Las variables de decisión son valores que los analistas tienen el control. Por ejemplo, el dinero a asignar entre diversos proyectos de inversión. El monto de inversión esta en función en conveniencia del inversor.

- Se considera que el tiempo aproximado para el conteo de los billetes depositados es de dos días laborables.
- El tiempo efectivo para ingresar un pedido desde el exterior es de dos días laborables. En caso de enviar una remesa al exterior, la orden se ejecuta en el mismo día.
- Si la demanda de billetes es mayor del inventario, el número unidades perdidas será igual al inventario menos el total flujo operacional, es decir, que el nivel de inventario  $t - 1$  se suma a los depósitos de dos días anteriores menos el retiro diario.
- De acuerdo a la estacionalidad mensual de los flujos, se asume que los montos de remesas serán igual al valor de cada uno de los meses en el año.
- Las órdenes de remesas se ejecutarán de acuerdo los límites superior e inferior del inventario.
- Asumimos que la tasa referencial de los Estados Unidos es determinística de 5,25% anual para el 2006.
- El coste de incumplimiento es de un dólar por cada dólar no cubierto, puesto que el valor de un dólar en el tiempo  $t$  es igual al mismo dólar.
- El proceso se desarrolla en un horizonte de planificación de 252 días laborables.
- Se considera 520 variables, las cuales asumen el comportamiento de las perturbaciones aleatorias. Además, el modelo contiene veintiséis variables de decisión con el fin de buscar la mejor solución dentro de un espacio de soluciones posibles.

TABLA 4.2

OptQuest (Sistema de Inventarios)			
Aplicación	Nº de Variables	Tipo de Variables	Métodos Ilustrados
Asunciones	520	Continuas	Determinar el comportamiento las perturbaciones aleatorias
Decisión	26	Continuas	Buscar la mejor solución dentro de un espacio de soluciones

**Fuente:** Optquest User Manual

**Elaboración:** El autor

- Por último, se asume que la simulación se la realiza en un escenario de normalidad y por lo tanto se eliminaron las variables de intervención, outliers y otros eventos atípicos.

Dado que el sistema de inventario está formado por diferentes partes, donde la interacción de cada uno de sus elementos individuales representa las relaciones de causa y efecto entre los valores de entrada y los resultados obtenidos, y en base al número de interacciones y simulaciones necesarias para encontrar buenas soluciones<sup>44</sup>, se presenta el modelo de gestión de inventario en el cual se pretende minimizar el valor de costo total con respecto a su media ante la evaluación del costo-beneficio. A continuación se presentan la estimación de los parámetros para el modelo de inventarios.

TABLA 4.3

#### ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

IMPORTACIÓN		Monto	EXPORTACIÓN		Monto
Límite inferior del saldo		15,000	Límite superior del saldo		29,371
Orden de Importación para Enero		2,000	Orden de Exportación para Enero		7,191
Orden de Importación para Febrero		2,428	Orden de Exportación para Febrero		10,000
Orden de Importación para Marzo		10,000	Orden de Exportación para Marzo		9,942
Orden de Importación para Abril		20,000	Orden de Exportación para Abril		10,000
Orden de Importación para Mayo		10,000	Orden de Exportación para Mayo		2,000

<sup>44</sup> El modelo realizó 5000 simulaciones con 500 interacciones cada una de ellas.

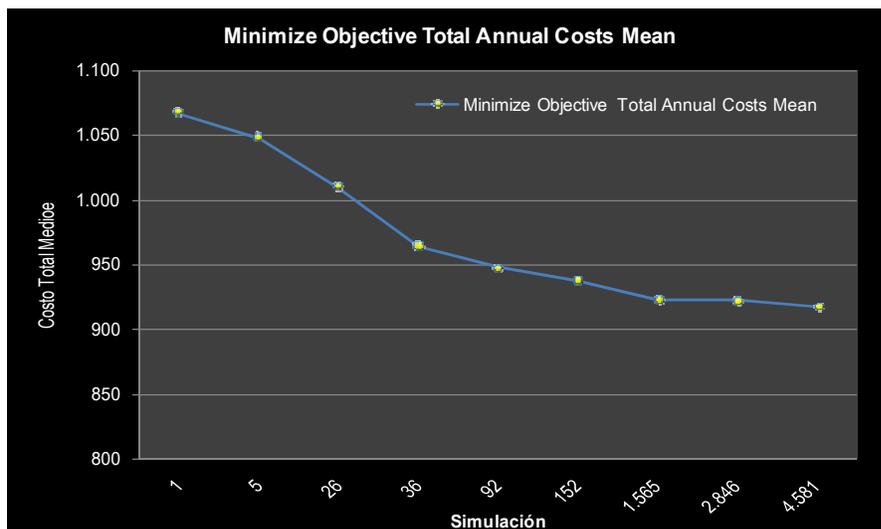
Orden de Importación para Junio	2,000	Orden de Exportación para Junio	5,488
Orden de Importación para Julio	10,000	Orden de Exportación para Julio	3,136
Orden de Importación para Agosto	7,396	Orden de Exportación para Agosto	2,724
Orden de Importación para Septiembre	10,000	Orden de Exportación para Septiembre	8,728
Orden de Importación para Octubre	20,000	Orden de Exportación para Octubre	2,190
Orden de Importación para Noviembre	5,000	Orden de Exportación para Noviembre	2,000
Orden de Importación para Diciembre	20,000	Orden de Exportación para Diciembre	10,000

### Elaboración: El autor

De los resultados obtenidos, se observa que los valores promedios esperados del costo total del inventario (función objetivo) se reducen drásticamente hasta un mínimo de 917.86 dólares. Además, se puede indicar que la consideración de los modelos estocásticos implica que la simulación de las variables no determinísticas cumplan con su propia naturaleza de aleatoriedad y permitan minimizar la función objetivo. El gráfico 4.1 muestra la trayectoria del algoritmo en la búsqueda de soluciones.

### GRÁFICO 4.1

#### EVOLUCIÓN DE LA BÚSQUEDA DE SOLUCIONES (OPTQUEST)



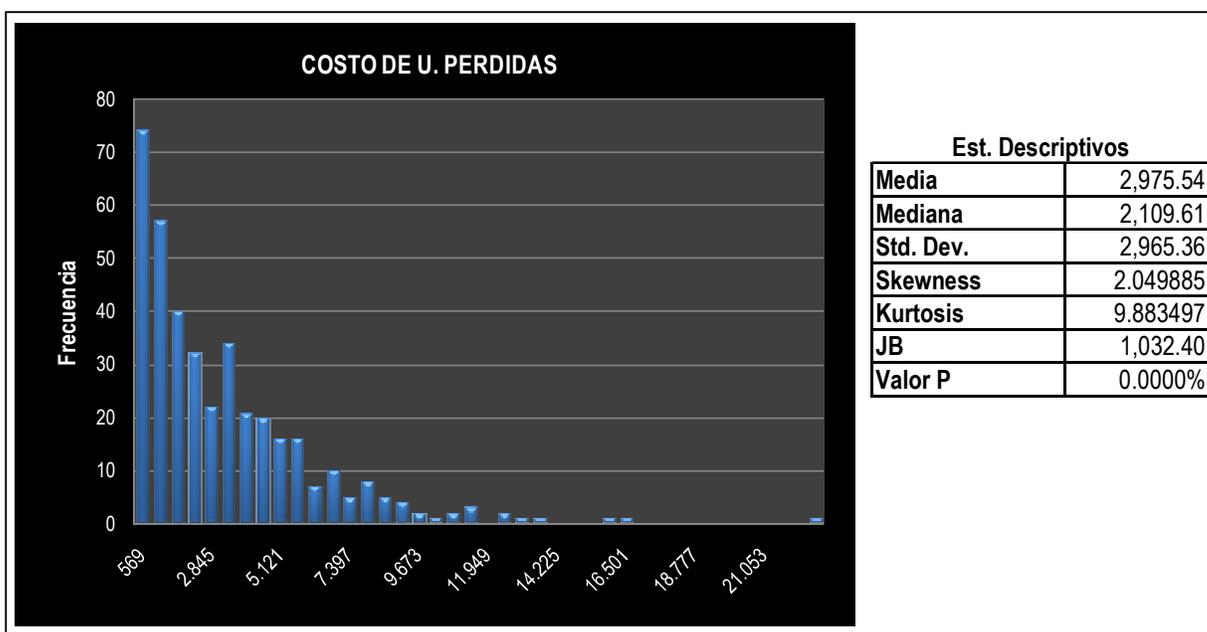
### Elaboración: El autor

Finalmente, de los resultados obtenidos y bajo los supuestos considerados, se realizó una simulación de 5,000 escenarios, con el propósito de analizar el impacto al riesgo de liquidez de la solución obtenida, de lo cual se observa:

1. Los resultados de la simulación nos muestra que de los 5,000 escenarios simulados, se registraron 386 escenarios con desabastecimiento, por lo que se puede concluir que existe una probabilidad del 8% de incumplimiento. Al realizar el análisis exploratorio de datos, es decir, con respecto a los costos por unidades pérdidas, se puede indicar que la distribución de frecuencias es una función decreciente, con media de 2,975.54 dólares y un máximo de 22,756.18 dólares.

## GRÁFICO 4.2

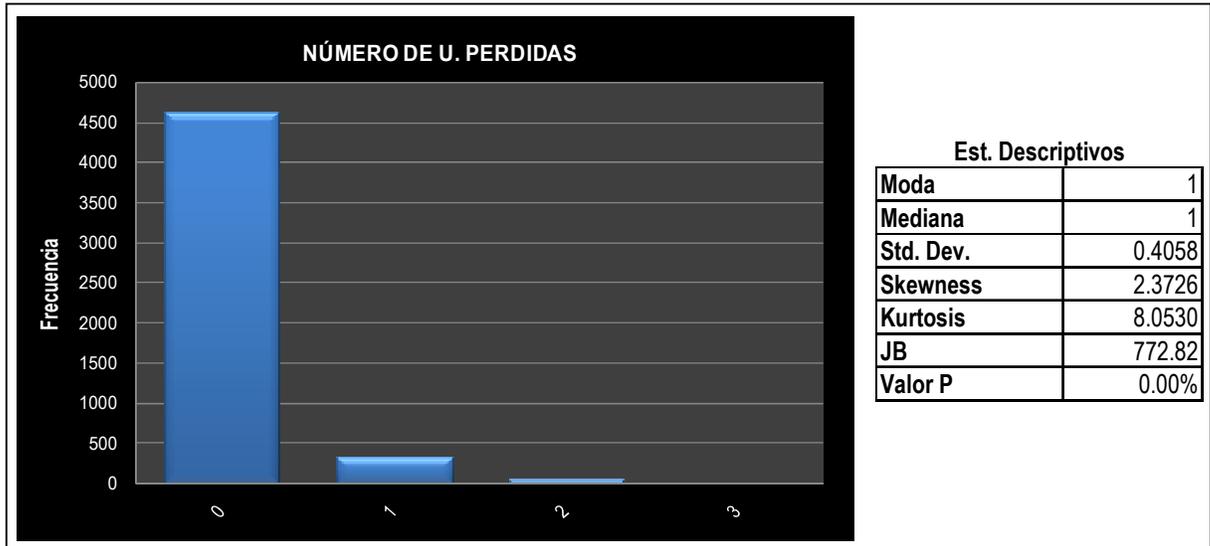
### DISTRIBUCIÓN DE COSTOS POR UNIDADES PERDIDAS



**Elaboración: El autor**

2. De los 386 escenarios que registraron desabastecimiento, el número máximo desabastecimiento fue 3 veces, con una probabilidad de incumplimiento 0.1%. Los otros dos tipos de escenarios con incumplimiento (2 veces y 1 vez) presentan probabilidades de desabastecimiento de 1.08% y 6.54%, respectivamente. Es importante indicar que los meses con mayor número de incumplimientos fueron octubre, diciembre, agosto y abril con 224 veces, 97 veces, 90 veces, y 30 veces, debido al alto consumo (monto efectuados de retiros) por días festivos como semana santa, día de los difuntos y fiestas de fin de año.

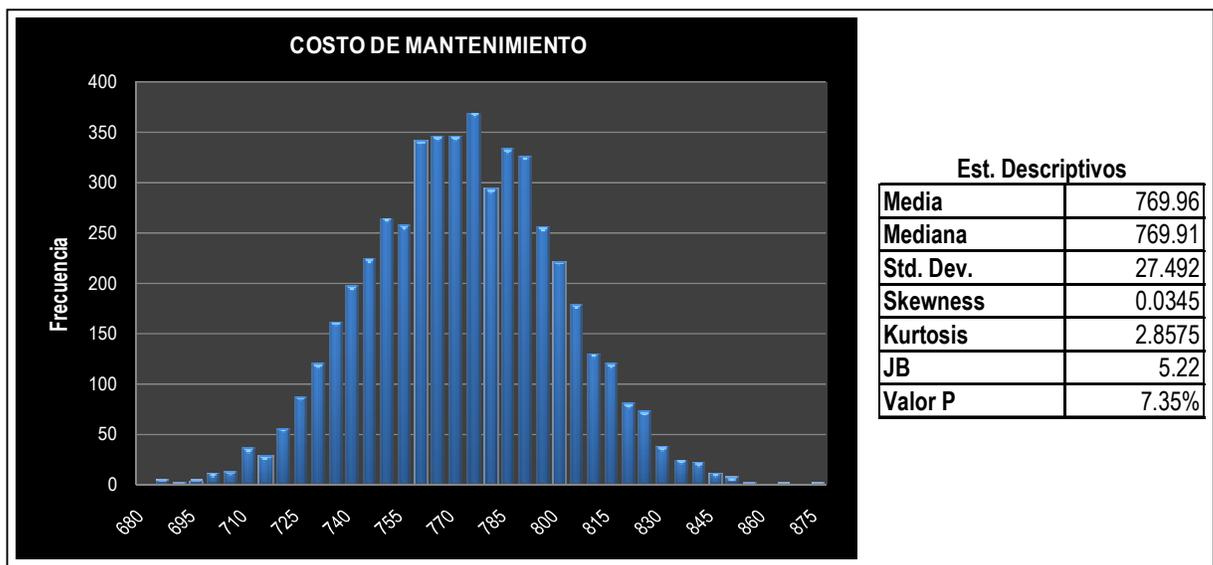
**GRÁFICO 4.3**  
**DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES PERDIDAS**



Elaboración: El autor

3. Con respecto al costo de mantenimiento, es decir el costo de cada dólar en bóvedas, los resultados nos muestra que el costo promedio es de 769.96 dólares, ubicándose dentro de un rango mínimo y máximo de 682.24 dólares y 875.58 dólares.

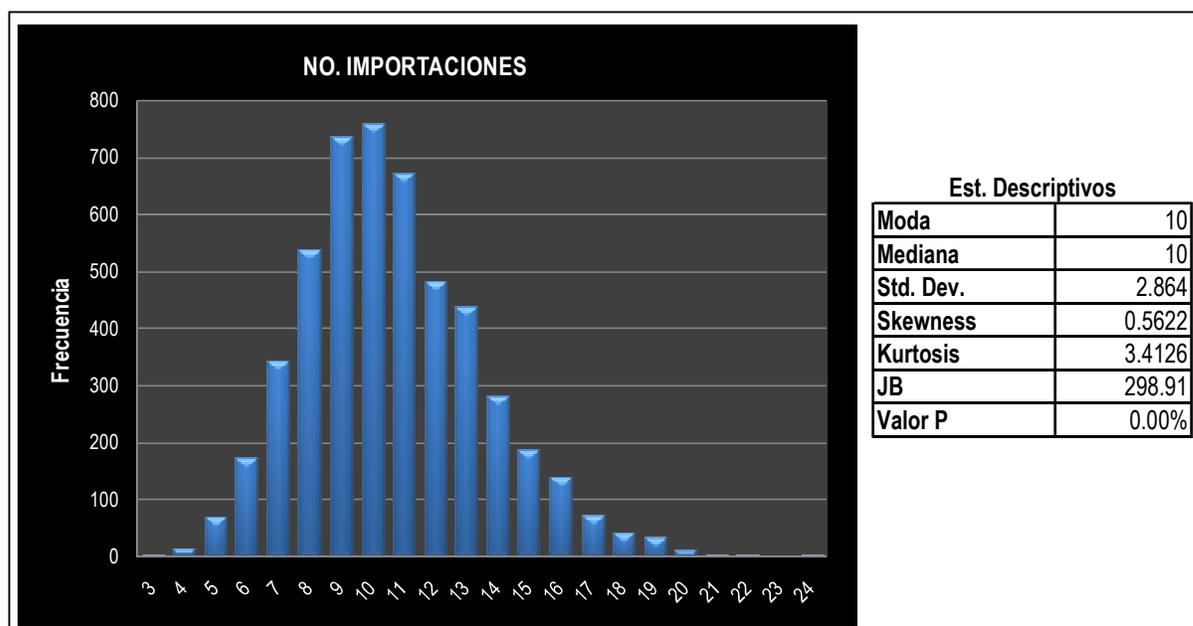
**GRÁFICO 4.4**  
**DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO**



Elaboración: El autor

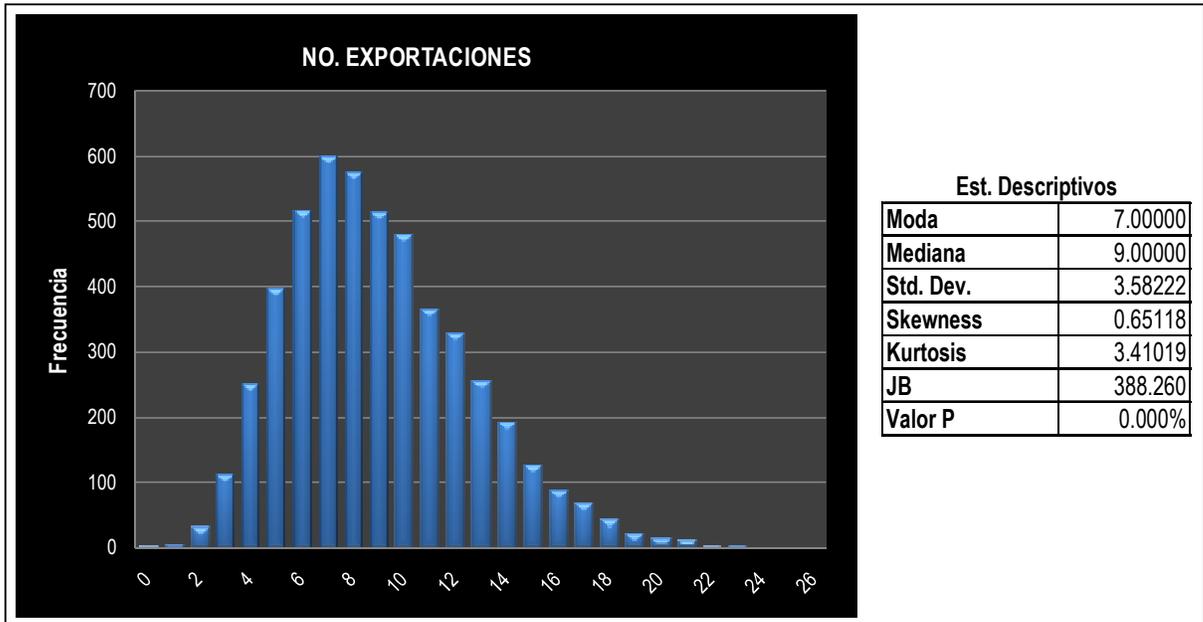
4. A fin de que la institución pueda adecuar un cronograma de trabajo, en los gráficos 4.5 y 4.6 se presenta las distribuciones de frecuencias para el número de importaciones y exportaciones que se registraron en el año 2006 durante la simulación. En los gráficos se observa que las distribuciones no presentan homogeneidad en el número de pedidos, esto es, a que responden a la misma estructura del fenómeno estudiado. Concretamente, se puede aseverar que los valores simulados de retiros son mayores que los depósitos, por lo tanto es necesario realizar un mayor número de remesas desde el exterior.

**GRÁFICO 4.5**  
**DISTRIBUCIÓN DE NO. DE IMPORTACIONES**



Elaboración: El autor

**GRÁFICO 4.6**  
**DISTRIBUCIÓN DE NO. DE EXPORTACIONES**



**Elaboración: El autor**



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación se logró cumplir el objetivo de determinar las necesidades de billetes del Sistema Financiero Nacional, dar conocer las diferentes situaciones en que se desarrolla el manejo de billetes y mediante la aplicación de métodos científicos para mantener los requerimientos futuros de liquidez. En esta memoria, se observó los siguientes aspectos:

- El Banco Central del Ecuador es la institución encargada de ejecutar el régimen monetario del país, debiendo procurar el mantener una política de control y monitoreo del sector financiero y real para que se estimule la suficiente liquidez de los mercados de capitales y que las transacciones comerciales se ejecuten con total normalidad; por ello, las funciones como administrador del sistema de pagos, le faculta a regular a los participantes y a compensar las operaciones de pagos con el propósito de garantizar un canal eficiente y seguro entre los instrumentos de pago.
- Luego de adoptar el dólar estadounidense como moneda de curso legal, la ley de Régimen Monetario y del Banco del Estado insta cuatro sistemas de balances, los cuales se integran por medio del sistema de pagos. Los billetes y monedas norteamericanos son considerados como un instrumento de alta liquidez que resultan ser indispensables para las transacciones comerciales de bajo valor. En ese contexto, se debe identificar, medir, y controlar los diferentes factores de riesgos que están expuestos su reposición.
- Según la nueva propuesta del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, las instituciones financieras deben orientar su administración a la implementación de modelos matemáticos para propiciar un manejo más dinámico de los riesgos. La gestión de especies monetarias, entendida como administración de

inventarios, debe mantener niveles adecuados de saldos, con el propósito de cubrir la demanda de los depositantes para no afectar el dinamismo de la economía local.

- En el capítulo 2 se determinó dos mecanismos para cubrir las necesidades de fondos. El primero son los flujos de retiros y depósitos que están determinados bajo los factores del entorno. El segundo componente, que son los únicos mecanismos de certeza, corresponde a los envíos y recepciones de remesas que están determinados bajo las decisiones de los administradores. Es importante destacar que estos dos mecanismos se ven afectados por las decisiones administrativas, de tal forma se minimice el saldo de efectivo para gestionar en fondos de inversión.
- La propuesta metodológica para determinar los niveles óptimos de pedido es afectado por costes de mantenimiento o almacenamiento, de pedidos y de ruptura o escasez. La cantidad óptima de pedidos corresponde al valor en el cual se minimizan los costes anuales de almacenamiento, ruptura, y pedidos. Para tal efecto, se definió las variables relevantes de los flujos como las denominaciones de mayor circulación (20, 10, y 5 dólares que representan el 95,12% de los retiros).
- En el capítulo 3, la propuesta metodológica para determinar el comportamiento de los flujos se basó en los modelos de regresión lineal combinados con variables de intervención y outliers para cuantificar las características, atributos o situaciones presentados en los datos históricos. Además, se asume que las series del flujo de caja se descomponen en varios elementos no observables e independientes entre sí. De esta manera, se obtuvieron 26 y 25 variables relevantes para los modelos de retiros y depósitos.
- Adicionalmente, las proyecciones para los flujos de especies monetarias fueron materias de gran dificultad a la hora de modelar las series debido a su gran aleatoriedad, volatilidad, expectativas y movimientos bruscos de corridas

bancarias. Los modelos de regresión dieron como resultado las siguientes ecuaciones:

$$\ln(Ret_t) = \beta_0 + \beta_1 Trend + \beta_2 Año + \beta_3 \ln(Dep_t) + \sum_{i=4}^7 \beta_i IND_i + \sum_{i=8}^{19} \beta_i INM_i + \beta_{20} Feriado_1 + \beta_{21} F_{MES} + \sum_{i=22}^{24} \beta_i Out_i + \beta_{25} Banco + \beta_{26} Atipico + v_t$$

donde

Ret = retiros diarios

$B_0$  = termino de intercepción

Trend = tendencia.

Año = denota el nivel para los años 2004 y 2005.

$IND_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora en los días de la semana (lunes a jueves).

$INM_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora en los meses del año (enero a noviembre).

$Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora en los días anteriores de un feriado.

$F_{MES}$  = denota el nivel de la variable indicadora en los días de fin de mes.

$OUT_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora para errores en los datos que no se pudieron explicar por la ocurrencia de un evento.

Banco = variable de intervención que indica la presencia de corridas bancarias para instituciones de gran tamaño.

Atípico = variable de intervención que indica la presencia de rumores bancarios de baja magnitud.

$v_t$  = termino de perturbación estocástico.

$$\ln(Dep_t) = \beta_0 + \beta_1 Trend + \beta_2 Año + \sum_{i=3}^6 \beta_i IND_i + \sum_{i=7}^{17} \beta_i INM_i + \beta_{18} Feriado_1 + \beta_{19} Feriado_2 + \beta_{20} F_{MES} + \beta_{21} IND_4 Feriado_1 + \sum_{i=22}^{24} \beta_i Outd_i + \beta_{25} Atipd + \eta_t$$

donde

Dep = flujo de depósitos diarios para los billetes de mayor utilización (1, 5, 10, 20 dólares).

$B_0$  = termino de intercepción

Trend = tendencia.

Año = denota el nivel para los años 2004 y 2005.

$IND_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora en los días de la semana (lunes a jueves).

$INM_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora en los meses del año (enero a noviembre).

$Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora en los días anteriores de un feriado.

$Feriado_2$  = denota el nivel de la variable indicadora en los días posteriores de un feriado.

$F_{MES}$  = denota el nivel de la variable indicadora en los días de fin de mes.

$OUT_i$  = el subíndice  $i$  denota el nivel de la variable indicadora para errores en los datos que no se pudieron explicar por la ocurrencia de un evento.

$INM_4 * Feriado_1$  = denota el nivel de la variable indicadora cuando el día de la semana es miércoles y coincide con los días anteriores a un feriado.

$\eta_t$  = termino de perturbación estocástico.

- Con respecto a la obtención y generación de información financiera, el modelo y el uso de Crystal Ball sirven como una herramienta para cuantificar el riesgo de liquidez. Actualmente, es un requisito para los administradores de las instituciones financieras cuantificador el riesgo para algunos tipos de transacciones. Con respecto a esto, se debe decir que a nivel nacional, las estimaciones del riesgo en la exportación e importación de remesas.
- En relación a los resultados obtenidos del modelo de optimización, los valores promedios esperados del costo total del inventario se reducen drásticamente de acuerdo a los parámetros empíricos, bajo los supuestos considerados, con una mayor concentración de valores superiores a la media. Además, el impacto al riesgo de liquidez que corren las decisiones por órdenes de pedidos (importación y exportación de remesas), bajo el modelo, el monto máximo de

incumplimiento del saldo que podría suceder es de USD 16.664 y el número de veces con mayor repetición para no cubrir los retiros con el saldo de caja fue de 4 veces y su máximo fue de 9 veces.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

El Banco Central del Ecuador, con el propósito de garantizar la suficiente liquidez al sector financiero y que las transacciones comerciales se ejecuten con total normalidad, no solamente debe analizar las necesidades de billetes a nivel nacional, sino es necesario definir la distribución de recursos para cada ciudad.

La aplicación y análisis del modelo de especies monetarias tiene como principal objetivo el garantizar las necesidades en billetes bajo un escenario de normalidad, por lo tanto es importante definir requerimientos de recursos ante un escenario de stress, como en el caso de corridas bancarias.

Con el fin de contar con un modelo de evaluación más eficiente del costo beneficio, es necesario realizar el estudio para determinar el comportamiento de la tasa referencial de los Estados Unidos, a fin de advertir posibles cambios. Además, se debe determinar la función de coste por incumplimiento de un dólar no cubierto, puesto que la ley de utilidad marginal decreciente indica que mientras que aumenta el consumo de un bien, la utilidad también aumentará pero en menor cantidad que la última unidad consumida.

Finalmente, es importante indicar que los resultados obtenidos mediante la herramienta cuantitativa, solamente deben servir como una guía en la toma de decisiones puesto que no se debe eliminar la subjetividad de las decisiones ante posibles cambios en los eventos futuros.

## CAPÍTULO 6

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Segunda Parte: Retos para el nuevo Banco Central del Ecuador, Capítulo I: El Banco Central del Ecuador en Dolarización <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Memoria/2000/2daparte.pdf>.
2. Rubén Marasca, María Figueroa, Darío Stefanelli y Ana María Indri. (2003), Basilea II: Hacia un nuevo esquema de medición de riesgos, Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias, Gerencia de Análisis del Sistema, [http://www.felaban.com/boletin\\_clain/basileall.pdf](http://www.felaban.com/boletin_clain/basileall.pdf).
3. Principios Básicos para los Sistemas de Pagos de importancia Sistémica, Comité de Sistemas de Pago y Liquidación (CPSS), Bancos de Pagos Internacionales (BIS), 2001, Tommaso Padoa.Schioppa, <http://www.bis.org/publ/cpss43es.pdf>.
4. El Dinero, Estabilidad del Sistema de Pagos, Banco de España, <http://aulavirtual.bde.es/wav/documentos/pagos.pdf>.
5. Memoria Anual 2003, Miguel Robayo y Carlos Andrade, Banco Central del Ecuador, Banco Central del Ecuador, Quito, 2003, <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Memoria/2003/cap6.pdf>
6. Superintendencia de Bancos y Seguros, 80 años SBS, Publicación adjunta del Diario Hoy, 8 de septiembre de 2007, Pág. 3.
7. Basilea II: Hacia un nuevo esquema de medición de riesgos, FELABAN, Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias Gerencia de

8. Análisis del Sistema, (2003), [http://www.felaban.com/boletin\\_clain/basileall.pdf](http://www.felaban.com/boletin_clain/basileall.pdf).
9. ¿Cómo proteger a nuestro activo más valioso?, Belt Ibérica S.A. [http://www.belt.es/expertos/HOME2\\_experto.asp?id=2822](http://www.belt.es/expertos/HOME2_experto.asp?id=2822), España, 2005.
10. Risk Management in Banking, Segunda Edición, Joel Bessis, John Wiley & Sons, LTD, 2002.
11. Manual de Procedimiento para la Recepción, Envío y Canje de Billetes Dólares Mutilados y Deteriorados, Dirección de Especies Monetarias, Banco Central del Ecuador, 2002.
12. Statistical Methods for Forecasting, Bovas Abraham y Johannes Ledolter, Wiley Series in Probability and Statistics.
13. Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems, Box and Tiao, Journal of the American Statistical Association, Marzo 1975, Volumen 70, Número 349, Invited Paper, Theory and Methods Section.
14. Modeling Time Series with Calendar Variation, Bell and Hillmer, Journal of the American Statistical Association, Septiembre 1983, Volumen 70, Número 383, Invited Paper, Theory and Methods Section.
15. The International Library of Critical Writings in Econometrics 5, Time Series, Volume I, Andrew Harvey, 1994
16. Applied Statistics, A Handbook of Techniques, Lothar Sachs, Springer Series in Statistics, 1982, New York.
17. Extracción de componentes no observables de una serie de tiempo mediante el enfoque de espacio de Estado, John Alex Ramírez Figueroa, 2005

18. Análisis econométrico con Eviews, Ursicino Carrascal, Yolanda Gonzáles y Beatriz Rodríguez, México, 2001, <http://www.alfaomega.com.mx>.
19. Statistics and Finance, David Ruppert, Springer Texts in Statistics, 2004, [dr24@cornell.edu](mailto:dr24@cornell.edu)
20. OptQuest for Crystal Ball 2000, User Manual, Pág 18, Decisión Eering Inc., Denver, Colorado, USA, 2000. [www.decisioneering.com/optquest/methodology.html](http://www.decisioneering.com/optquest/methodology.html), [www.decisioneering.com/optquest/comparisons.html](http://www.decisioneering.com/optquest/comparisons.html), [www.decisioneering.com/optquest/complexsystems.html](http://www.decisioneering.com/optquest/complexsystems.html)
21. Econometría, Gujarati Damodar N. Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, 2000.
22. Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Trapero, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Ediciones Pirámides.

## **ANEXOS**

**ANEXO No 1**

**RIESGOS FINANCIEROS<sup>45</sup>**

---

<sup>45</sup> Principios Basicos para los Sistemas de Pagos de importancia Sistémica, Bancos de Pagos Internacionales (BIS), Tommaso Padoa.Schioppa, Pag 6, 2001.

**“Riesgo de crédito:** el riesgo de que una parte del sistema sea incapaz de cumplir totalmente con sus obligaciones financieras dentro del mismo, ya sea en el presente o en cualquier momento del futuro;

**Riesgo de liquidez:** el riesgo de que una parte del sistema no cuente con fondos suficientes para cumplir con sus obligaciones financieras dentro del mismo en la forma y momento debidos, aunque pueda hacerlo en algún momento del futuro;

**Riesgo legal:** el riesgo de que un marco legal deficiente o que incertidumbres jurídicas causen o exacerben los riesgos de crédito o liquidez;

**Riesgo operativo:** el riesgo de que factores funcionales tales como fallos técnicos o errores de operación causen o exacerben los riesgos de crédito o liquidez; y

**Riesgo sistémico:** el riesgo de que la incapacidad de uno de los participantes para cumplir con sus obligaciones, o una alteración en el propio sistema, pueda resultar en la incapacidad de otros participantes del sistema o de instituciones financieras en otras partes del sistema financiero para cumplir con sus obligaciones al momento de su vencimiento. Tal incumplimiento podría causar problemas crediticios o de liquidez generalizados, que podrían amenazar a su vez la estabilidad del sistema o de los mercados financieros.”

**ANEXO No 2**

**PRINCIPIOS BÁSICOS Y LAS RESPONSABILIDADES DE LOS  
BANCOS CENTRALES<sup>46</sup>**

---

<sup>46</sup> Principios Básicos para los Sistemas de Pagos de importancia Sistémica, Bancos de Pagos Internacionales (BIS), Tommaso Padoa.Schioppa, Pag 3, 2001.

Los principios básicos y responsabilidades de los bancos centrales tiene como objetivo brindar seguridad y eficiencia a los sistemas de pagos. Los principios básicos para los sistemas de pagos de importancia sistémica son los siguientes:

1. “El sistema deberá contar con una base jurídica sólida en todas las jurisdicciones pertinentes.

II. Las normas y procedimientos del sistema deben permitir a los participantes comprender claramente el impacto que tiene dicho sistema en cada uno de los riesgos financieros en los que incurren a través de su participación en el mismo.

III. El sistema debe contar con procedimientos claramente definidos sobre la administración de riesgos de crédito y de liquidez que especifiquen las respectivas responsabilidades del operador del sistema y de los participantes, y que brinden los incentivos adecuados para gestionar y contener tales riesgos.

IV.\* El sistema deberá ofrecer una rápida liquidación en firme en la fecha valor, preferiblemente durante el día y como mínimo al final de la jornada.

V.\* Los sistemas donde se realicen neteos multilaterales deberán, como mínimo, ser capaces de asegurar la finalización puntual de las liquidaciones diarias en el caso de que el participante con la mayor obligación de liquidación incumpla.

VI. Los activos utilizados para la liquidación deberían ser un derecho frente al banco central; cuando se utilicen otros activos, éstos deberán implicar un riesgo de crédito o de liquidez nula o ínfima.

VII. El sistema deberá asegurar un alto grado de seguridad y fiabilidad operativa y deberá contar con mecanismos de contingencia para completar puntualmente el procesamiento diario de sus operaciones.

VIII. El sistema deberá ofrecer unos medios de pago que sean prácticos para sus usuarios y eficientes para la economía.

IX. El sistema debe tener criterios de admisión objetivos y a disposición del público, que permitan un acceso justo y abierto.

X. Los acuerdos para el buen gobierno del sistema deben ser eficaces, responsables y transparentes.”

Los sistemas deberán intentar superar los mínimos incluidos en estos dos Principios Básicos. Las responsabilidades del banco central en la aplicación de los Principios Básicos

A. El banco central deberá definir claramente sus objetivos para sistemas de pago y deberá informar públicamente sobre su función y sus principales políticas con respecto a los sistemas de pago de importancia sistémica.

B. El banco central deberá asegurar que el sistema que opera cumple los Principios Básicos.

C. El banco central deberá vigilar el cumplimiento de los Principios Básicos por parte de los sistemas que no opere, y estar capacitado par ello.

D. El banco central, al promover la seguridad y la eficiencia del sistema de pagos mediante los Principios Básicos, deberá cooperar con otros bancos centrales y con cualquier otra autoridad extranjera o nacional que sea relevante a tal efecto.”

**ANEXO No 3**

**ANEXO No 3.1**

**MULTICOLINEALIDAD**

En el análisis econométrico, el término de multicolinealidad es utilizado para describir la relación entre las variables explicativas de la aproximación lineal. La falta de independencia entre las variables hace imposible la estimación del modelo clásico de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios, ya que el determinante de la matriz  $(X'X)^{-1}$  es muy pequeño, y por lo tanto, la varianza de los estimadores es infinita.

A todo ello, Montgomery, Peck afirman que existen diversas fuentes de multicolinealidad.<sup>47</sup>

1. El método de recolección de información empleado es limitado.
2. Restricciones sobre el modelo o en la población que es objeto de muestreo.
3. Especificación del modelo.
4. Un modelo sobredeterminado. Goldberger definió el término de micro-numerosidad para contrarrestar el efecto de multicolinealidad que surge cuando el número de observaciones excede al número de parámetros.

Las principales consecuencias que se derivan de la presencia de multicolinealidad entre las variables independientes, se sintetizan a continuación:<sup>48</sup>

1. Los estimadores MCO presentan varianzas y covarianzas grandes que hacen difícil la estimación precisa.
2. Los intervalos de confianza tienden a ser mucho más amplios, lo que implica que es una aceptación más fácil de la hipótesis nula de cero.
3. La razón t de uno o más coeficientes tienden a ser no significativas.
4. El  $R^2$  puede ser muy alto.
5. Los estimadores MCO y sus errores estándar pueden ser sensibles a pequeños cambios en la información.

---

<sup>47</sup> Econometría, Gujarati Damodar N. Editorial McGraw-Hill, Pág 319, Tercera Edición, 2000.

<sup>48</sup> Econometría, Gujarati Damodar N. Editorial McGraw-Hill, Pág 323, Tercera Edición, 2000.

Entre los métodos más utilizados para detectar la presencia de multicolinealidad, se lo realiza a partir del análisis de correlaciones y coeficiente  $R^2$  con los estadísticos  $t$  de los regresores. A continuación se presenta otras pruebas para detectar la presencia de multicolinealidad entre los regresores:

### 1. Contraste de multicolinealidad de Farrar-Glauber (1967)<sup>49</sup>

El contraste de Farrar Glauber se lo realiza contrastando la presencia de ortogonalidad entre los regresores, es decir comprobar la ausencia de colinealidad entre las variables explicativas.

$$H_0 : |R_{xx}| = 1$$

en base al estadístico experimental

$$G_{exp} = - \left[ T - 1 - \frac{1}{6}(2k + 5) \right] \ln(|R_{xx}|)$$

$$G_{exp} \sim \chi_n^2$$

donde

$$n = k \left( \frac{k-1}{2} \right)$$

### 2. Medida de Theil (1971)<sup>50</sup>

El estadístico de Theil mide la contribución marginal o incremental del regresor  $h$  en el coeficiente determinación  $R^2$  donde presenta ortogonalidad entre los

---

<sup>49</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 194, Ediciones Pirámides.

<sup>50</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 194, Ediciones Pirámides.

regresores si el estadístico presenta un valor cercano a cero. La medida de Theil se calcula mediante la variabilidad explicada por el modelo completo menos la suma de cada una de las aportaciones de los regresores como se muestra a continuación:

$$M_T = R^2 - \sum_{h=1}^k (R^2 - R_h^2)$$

siendo

$R_h^2$ : Coeficiente determinación excluido el regresor  $h$

$R^2$ : Coeficiente determinación del modelo inicial

### 3. Medida de colinealidad de Belsley, Kuck y Welsch (1980)<sup>51</sup>

La medida de Belsley, Kuck y Welsch se la realiza por medio de los autovalores máximos y mínimos de la matriz de correlaciones de  $(R_{xx})$ .

$$K_{(x)} = \frac{\sqrt{\lambda_{\text{máximo}}}}{\sqrt{\lambda_{\text{mínimo}}}}$$

donde se compara el valor de  $K_{(x)}$  según el siguiente criterio:

$$K_{(x)} = 1 \rightarrow \text{Ortogonalidad}$$

$$20 < K_{(x)} < 30 \rightarrow \text{Colinealidad preocupante}$$

$$K_{(x)} \geq 30 \rightarrow \text{Colinealidad segura}$$

Como hemos visto anteriormente, la presencia de multicolinealidad surgen una serie de problemas en los estimadores de los regresores. Hasta ahora, la solución

---

<sup>51</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 194, Ediciones Pirámides.

más utilizada para resolver el problema de la multicolinealidad es la eliminación de las variables causantes, lo que se puede incurrir en un error por omisión de una variable relevante. Por este motivo, mientras mayor sea el grado de colinealidad de los regresores, menor será el riesgo de cometer un error de especificación.

**ANEXO No 3.2**  
**HETEROCEDASTICIDAD**

En los supuestos del modelo clásico de regresión lineal se presume que las perturbaciones aleatorias presenten una varianza constante. La ausencia de una misma varianza a lo largo de los errores aleatorios se le denomina heterocedasticidad, la cual supone la presencia de heterogeneidad en los datos y su matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones aleatorias viene dado como:

$$E(\varepsilon\varepsilon') = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_n^2 \end{pmatrix} = \sigma_n^2 V_n = \sigma^2 V$$

La existencia de heterocedasticidad en las perturbaciones aleatorias significa que el vector  $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ , ya no es un vector normal esférico y los estimadores calculados por el método de mínimos cuadrados ordinarios ya no son eficientes. Finalmente, los test y los contrastes de hipótesis quedan invalidados como consecuencia de lo anterior. Por lo tanto, es importante encontrar un estimador ELIO que incorpore el efecto de la matriz de varianzas y covarianzas en las perturbaciones aleatorias.

En caso de presencia de heterocedasticidad, el método de estimación se reduce al método de los mínimos cuadrados generalizados, el cual consiste en minimizar la suma de los residuos al cuadrado ponderada por la matriz  $\Omega^{-1}$  como se muestra a continuación:

$$\text{Min} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t' \Omega^{-1} \varepsilon_t$$

entonces se obtiene los estimadores de  $\mathbf{b}_G$  por medio de:

$$\mathbf{b}_G = (\mathbf{X}' \Omega^{-1} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \Omega^{-1} \mathbf{Y}$$

donde

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_n^2 \end{pmatrix} \quad \Omega^{-1} = \begin{pmatrix} 1/\sigma_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_2^2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1/\sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

y los estimadores por el método de mínimo cuadrados generalizados son estimadores lineales, insesgados y óptimos (ELIO).

En la actualidad, no existen reglas fuertes y rápidas para detectar la presencia de heterocedasticidad por lo que en algunos casos relacionados con la investigación econometría, la heterocedasticidad puede ser un asunto de intuición. A continuación, se muestran los principales métodos para determinar la presencia de heteroscedasticidad:

### 1. Métodos gráficos<sup>52</sup>

El análisis gráfico es un método informal de detección de heteroscedasticidad, el cual se define entre los valores estimados de la variable dependiente o de los regresores contra los errores al cuadrado o de su valor absoluto.

Este método se basa en determinar el comportamiento de los errores es constante o variable, a fin de obtener una idea a priori del problema a tratar. En el caso de que la dispersión de los errores al cuadrado o los valores absolutos aumenten a medida que aumenta la variable exógena, se podría suponer la existencia de heterocedasticidad.

---

<sup>52</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 226, Ediciones Pirámides.

## 2. Contraste de White<sup>53</sup>

El contraste de White es un método subyacente que busca explicar los errores al cuadrado frente a las variables explicativas, sus cuadrados y sus los productos cruzados de dos a dos, sin que el cruce de las variables se repitan. Para llevar a cabo el contraste de White, hay que seguir una serie de pasos que se especifican a continuación:

1. Estimar el modelo original por Mínimos Cuadrados Ordinarios y obtener el vector de residuos.
2. Se realiza una regresión auxiliar del cuadrado de los errores obtenidos en el paso 1 con todas los regresores del modelo original, sus cuadrados y sus combinaciones no repetidas

$$\varepsilon^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \dots + \alpha_k X_{ki} + \alpha_{k+1} X_{1i}^2 + \dots + \alpha_{k+k} X_{ki}^2 + \alpha_{k+k+1} X_{1i} X_{2i} + \alpha_{k+k+2} X_{1i} X_{3i} + \dots + \alpha_{3k+1} X_{2i} X_{3i} + \dots + \varepsilon_i$$

3. Realizar el siguiente contraste de hipótesis

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 \text{ para todo } i.$$

$$H_1 : \text{no se verifique } H_0 .$$

$$\chi_{exp}^2 = n \cdot R^2$$

$$\chi_{tco}^2 = \chi_{p-1}^2$$

donde  $p$  es el número de regresores y  $R^2$  es el coeficiente de determinación de la regresión auxiliar.

---

<sup>53</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 230, Ediciones Pirámides.

### 3. Contraste de Goldfeld y Quandt<sup>54</sup>

Este contraste reside en el supuesto de que la varianza de las perturbaciones aleatorias ( $\sigma_\varepsilon^2$ ), a una relación creciente o decreciente, se produce por el valor de una variable dependiente. Entonces los contrastes de hipótesis nula y alternativa quedan dados por:

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 \text{ Homoscedasticidad}$$

$$H_1 : \sigma_i^2 = \sigma_i^2 \text{ Heterocedasticidad}$$

Las fases para realización del contraste de Goldfeld y Quandt son los siguientes:

1. Ordenar las observaciones de forma creciente todas las variables del modelo que supone el causante de la heterocedasticidad.
2. Se eliminan  $p$  observaciones centrales de la muestra y se ajusta en dos grupos de tamaño  $\frac{N-p}{2}$  que contengan los valores más pequeños y los valores más altos de las observaciones de los errores.
3. Se estima los modelos de regresión de los grupos de los errores y con las sumas de los residuos a los cuadrados de los modelos de regresión de los grupos se contrasta la hipótesis de homocedasticidad.

$$S_1^2 = \frac{\varepsilon_1' \varepsilon_1}{\frac{N-p}{2} - K - 1}$$

es el estimador de la varianza que corresponde a la muestra de los valores grandes.

---

<sup>54</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Trapero, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 228, Ediciones Pirámides.

$S_2^2 = \frac{\varepsilon_2' \varepsilon_2}{\frac{N-p}{2} - K - 1}$  es el estimador de la varianza que corresponde a la muestra

de los valores pequeños.

$$F_{exp} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$F_{tco} = F_{\left(\frac{(N-p)/2}{(N-p)/2} - K - 1\right)}$$

#### 4. Contraste de Glesjer o de regresiones<sup>55</sup>

El contraste de Glesjer trata de estimar la verdadera estructura de la heterocedasticidad, descartando la variación del error en función de una variable  $z$ , sino porque la varianza de la perturbación aleatoria puede venir dado por una función lineal de alguno de sus regresores o de sus potencias. El modelo que se propone es:

1. Estimar el modelo original por Mínimos Cuadrados Ordinarios y obtener el vector de residuos.
2. Una vez estimado el modelo de regresión por MCO, se obtiene una regresión del valor absoluto de los residuos (y/o residuos al cuadrado) sobre una función de una variable elevada por  $h$ , variable que supuestamente causa la heterocedasticidad.

$$\varepsilon_i^2 = \alpha_0 + \alpha_1 x_i^h + v_i$$

$$|\varepsilon_i| = \alpha_0 + \alpha_1 x_i^h + v_i$$

donde  $h$  tomaría valores de 1, -1,  $\frac{1}{2}$ ,  $-\frac{1}{2}$ , 2, -2, ... para cada modelo.

---

<sup>55</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Traperó, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 229, Ediciones Pirámides.

3. Si el valor de  $h$  hace que el valor de  $R^2$  proporcione una mejor regresión, se confirma que el valor de la variable  $x_i$  es significativa. Esto equivale a decir que

$$H_0 : \alpha_1 = 0$$

que si se rechaza  $H_0$  entonces se considera que existe heterocedasticidad.

### 5. Contraste de Barlett<sup>56</sup>

Este contraste supone que las observaciones se dividen en muestras recogidas de diferentes poblaciones y se pretende contrastar que sus varianzas son iguales. Para contrastar la hipótesis nula se plantea que las observaciones son divididas en  $H$  grupos y que cada grupo existe homoscedasticidad. A continuación se describen los pasos para llevar a cabo el contraste de esta prueba:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_H^2, \text{ homoscedasticidad}$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_H^2, \text{ heterocedasticidad}$$

1. Se calcula las  $H$  varianzas muestrales de la variable explicativa.

$$S_{Y_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)^2}{\gamma_i} \quad i = 1, 2, \dots, H$$

$$\gamma_i = n_i - 1$$

donde  $n_i$  es el número de observaciones en el grupo  $i$

2. Se calcula la cuasivarianza total de variable dependiente

---

<sup>56</sup> Cien Ejercicios de Econometría, J. Pena Trapero, Julio Estavillo, María Galindo, María José Leceta, María del Mar Zamora, Pág. 226, Ediciones Pirámides.

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ji} - \bar{Y}_i)^2}{\gamma}$$

$$\gamma = \sum \gamma_i = \sum_{i=1}^H n_i - 1 = n - H$$

donde  $n$  es el número total de observaciones.

- Entonces el estadístico pretende contrastar de que si todas las varianzas son iguales, y por lo tanto se debe llevar a cabo el siguiente contraste:

Como se indicó anteriormente, la existencia de una matriz de varianzas y covarianzas heterogénea genera problemas de eficiencia en los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios. Este resultado puede ser corregido por medio de la matriz de transformación de Aitken, que se obtienen por el método de mínimos cuadrados generalizados con la matriz desconocida. Otro método para corregir la heterocedasticidad es tomar los logaritmo de las variables originales mediante de la transformación de Box-Cox, en el cual, suaviza la dispersión de los valores originales.

**ANEXO No 3.3**  
**AUTOCORRELACIÓN**

Como el problema de la heterocedasticidad, la autocorrelación afecta principalmente a los elementos que están afuera de la diagonal principal de la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones aleatorias. Esto supone que la violación de los supuestos al análisis de regresión, al mantener perturbaciones homocedásticas, pero correlacionadas. Lo que significa que existen relaciones lineales entre las distintas perturbaciones.

Las consecuencias de las autocorrelaciones son similar al problema de la heterocedasticidad, donde los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios se vuelven ineficientes y la desviación estándar de los errores son erróneamente estimados. La presencia de autocorrelación en los errores del análisis de regresión nos lleva al análisis de series de tiempo que los elementos de la variable dependiente esta en base a los elementos contemporáneos, por lo que

$$E(\varepsilon\varepsilon') = \begin{pmatrix} \sigma^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma^2 \end{pmatrix} = \sigma^2 \Omega$$

y para solucionar el problema de la autocorrelación, los procesos estocásticos mas utilizados para especificar las correlaciones entre las perturbaciones son los modelos ARMA de orden  $(p, q)$  que se los conoce como procesos autorregresivos y de medias móviles. Para ejemplificar el proceso autorregresivo vamos a utilizar el proceso AR (1). La perturbación autorregresiva de primer orden AR (1) se representa como

$$u_t = \phi u_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde  $\varepsilon_t$  es una perturbación estocástica (ruido blanco) que satisface los supuestos de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios, donde

$$E(\varepsilon_t) = 0$$

$$E(\varepsilon\varepsilon') = \sigma_\varepsilon^2 \cdot I$$

$$E(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+s}) = 0 \quad s \neq 0$$

y

$$|\phi| < 1$$

$$E(u_t) = 0$$

$$\text{var}(u_t) = \sigma_u^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2}$$

$$\rho_s = \phi^s \quad s = 0, 1, 2, \dots$$

La matriz de varianzas y covarianzas del vector de las perturbaciones aleatorias queda dado por

$$E(\varepsilon\varepsilon') = \sigma_\varepsilon^2 \Omega = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2} \begin{pmatrix} 1 & \phi & \dots & \phi^{n-1} \\ \phi & 1 & \dots & \phi^{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi^{n-1} & \phi^{n-2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

En cambio, el proceso de medias móviles MA (1) se define como

$$u_t = \phi\varepsilon_t + \varepsilon_{t-1}$$

donde  $\varepsilon_t$  es ruido blanco y

$$\sigma_u^2 = \sigma_\varepsilon^2(1 + \theta^2)$$

$$\rho_1 = \frac{\theta}{1 + \theta^2}$$

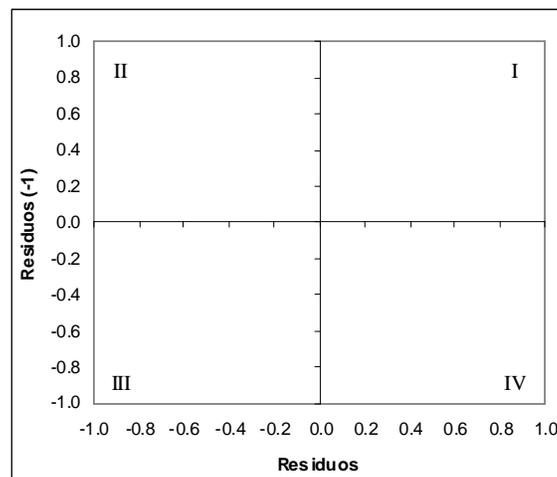
$$\rho_i = 0 \quad i = 2, 3, \dots$$

De igual manera que el problema de heterocedasticidad, existen medidas apropiadas para detectar la presencia de autocorrelaciones. A continuación se

explican los principales contrastes de hipótesis para detectar la presencia de autocorrelación:

### 1. Métodos gráficos

Como en el anterior anexo, el método gráfico es un contraste no concluyente para determinar la existencia de rachas del comportamiento de los residuos y poder ser significativa la presencia de correlación. El gráfico de los residuos frente al de residuos (-1) se observa que si la mayoría de puntos se encuentran en el primer o en el tercer cuadrante tiene correlación positiva. Si aparecen en el segundo y cuarto cuadrante se podría pensar de una correlación negativa.



### 2. Contraste Durbin-Watson

El contraste de Durbin-Watson busca contrastar la hipótesis nula de la cual plantea la ausencia de autocorrelación, mientras la hipótesis alternativa considera la presencia de autocorrelación mediante el esquema autorregresivo de orden AR(1). Entonces, el contraste de una cola s queda dado por:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : 0 < |\rho| < 1$$

El estadístico de Durbin-Watson se define como:

$$d = DW = \frac{\sum_{t=2}^n \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2}$$

Donde el estadístico toma valores entre 0 y 4 de manera de que si  $d \approx 2$  indica escasa autocorrelación; un  $d \approx 0$  indica una autocorrelación positiva mientras que un valor  $d \approx 4$  indica una autocorrelación negativa.

### 3. Contraste h de Durbin.

El contraste de h de Durbin se obtiene mediante

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_r Y_{t-r} + \beta_{r+1} X_{1t} + \dots + \beta_k X_{k-r,t} + u_t$$

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$$

el contraste del estadístico de h de Durbin es

$$h = \rho \sqrt{\frac{n}{1 - n \text{Var}(b_1)}} \rightarrow N(0,1)$$

Donde n es el tamaño muestral y  $\rho$  es el coeficiente de autocorrelación muestral que puede obtenerse mediante:

$$\rho = \frac{\sum_{t=2}^n \varepsilon_t \varepsilon_{t-1}}{\sum_{t=2}^n \varepsilon_{t-1}^2}$$

y el nivel de significación de  $\varepsilon$  es igual a

$$\begin{array}{l}
 0 \leq h \leq N_\varepsilon \\
 -N_\varepsilon \leq h \leq 0
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Aceptación de la hipótesis nula frente a las hipótesis alternativas de} \\
 \text{autocorrelación positiva y negativa.}
 \end{array} \right.$$

$$h > N_\varepsilon \quad \text{Aceptación de la hipótesis alternativa de autocorrelación positiva.}$$

$$h < -N_\varepsilon \quad \text{Aceptación de la hipótesis alternativa de autocorrelación negativa.}$$

#### 4. Contraste de Breusch-Godfrey.

El contraste de Breusch-Godfrey es una prueba de hipótesis mediante el uso de procesos autoregresivos de orden AR(p) o de medias móviles MA(q). La hipótesis nula queda dada a partir de la ausencia de autocorrelación hasta el orden especificado por la hipótesis alternativa. Para realizar el contraste de hipótesis de esta prueba debe seguir los siguientes pasos:

1. Estimar el modelo por el método de mínimo cuadrados ordinarios.
2. Estimar una regresión auxiliar sobre p retardos, pudiendo incluir retardos de la variable endógena.
3. Obtener el coeficiente de determinación  $R^2$  de la regresión auxiliar.
4. Realizar el contraste de hipótesis

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = 0$$

$$H_1 : \text{AR}(p) \text{ o } \text{MA}(q)$$

donde la hipótesis nula se distribuye como una chi-cuadrado con n grados de libertad y m es el número de retardos en los residuos.

$$\chi_{\text{exp}}^2 = m \cdot R^2 \rightarrow \chi_n^2$$

**ANEXO No 3.4**

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL**

El proceso de construcción y estimación de un modelo econométrico se debe basar en la formulación de un conjunto de hipótesis, que consiste en someter al modelo estimado a una serie de pruebas estadísticas, que permiten corroborar su validez y efectividad del modelo.

A partir del contraste de Chow (1962) se quiere conocer si se ha registrado un cambio o desplazamiento en la función de la variable dependiente contrastando la estabilidad del modelo propuesto. La hipótesis nula de estabilidad estructural en el contraste de Chow es necesario especificar un solo modelo restringido que considere una única regresión para el conjunto de las observaciones, y un modelo no restringido que establece un comportamiento en cada subgrupo que se divide la muestra. Es decir:

- Si la especificación del modelo de regresión tenemos  $k + 1$  regresores, entonces el modelo restringido o de estabilidad estructural queda dado:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_k X_{kt} + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

- En cambio, si el modelo existe un cambio estructural en el momento  $T_1$  el modelo sin restricciones o de ruptura total se definiría como:

$$\begin{aligned} Y_t &= \beta_0^1 + \beta_1^1 X_{1t} + \dots + \beta_k^1 X_{kt} + \varepsilon_{1t} & t = 1, 2, \dots, T_1 \\ Y_t &= \beta_0^2 + \beta_1^2 X_{1t} + \dots + \beta_k^2 X_{kt} + \varepsilon_{2t} & t = T_1 + 1, \dots, T \end{aligned}$$

- Cada uno de los modelos se estima por MCO y se realiza el contraste de la hipótesis nula (estabilidad estructural) para verificar si existe o no el cambio estructural, entonces los parámetros se definirían como:

$$H_0 = \begin{pmatrix} \beta_0^1 \\ \beta_1^1 \\ \vdots \\ \beta_K^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_0^2 \\ \beta_1^2 \\ \vdots \\ \beta_K^2 \end{pmatrix} \quad H_1 = \begin{pmatrix} \beta_0^1 \\ \beta_1^1 \\ \vdots \\ \beta_K^1 \end{pmatrix} \neq \begin{pmatrix} \beta_0^2 \\ \beta_1^2 \\ \vdots \\ \beta_K^2 \end{pmatrix}$$

El estadístico utilizado para contrastar la hipótesis nula es el estadístico F el cual compara las sumas residuales del modelo restringido y el sin restringir. Entonces el estadístico a utilizar es:

$$F_{exp} = \frac{\frac{SCR_R - SCR_{SR}}{q}}{\frac{SCR_{SR}}{n - k}} \sim F_{n-k}^q$$

**ANEXO No 3.5**

**VARIABLES DE LOS MODELOS DE REGRESION PARA LOS  
FLUJOS DE RETIROS Y DEPÓSITOS**

#	VARIABLES	FLUJO	METODOLOGIA	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE DATOS	DESCRIPCION
1	RETIROS	Retiros	Regresión		782	Flujo de Retiros
2	DEPÓSITOS	Depósitos	Regresión		782	Flujos de
3	TENDENCIA	Depósitos / Retiros	Regresión		782	1, 2, 3, .... 782
4	AÑO	Depósitos / Retiros	Regresión	2004	262	1
		Depósitos / Retiros	Regresión	2005	260	2
		Depósitos / Retiros	Regresión	2006	260	3
5	MES	Depósitos / Retiros	Regresión	Enero	65	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Febrero	60	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Marzo	69	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Abril	63	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Mayo	66	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Junio	66	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Julio	64	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Agosto	68	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Septiembre	65	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Octubre	64	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Noviembre	66	1 0 0
6	Día de la Semana	Depósitos / Retiros	Regresión	Lunes	156	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Martes	156	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Miercoles	156	1 0 0
		Depósitos / Retiros	Regresión	Jueves	157	1 0 0
7	F <sub>Mes</sub>	Depósitos / Retiros	Regresión	Variable de intervención que representa el último día del mes (Ej: Pagos de sueldos)	45	1 0 0
8	FERIADOS <sub>1</sub>	Depósitos / Retiros	Regresión	t - 1 y t - 2 en Feriados	45	1 0 0
9	FERIADOS <sub>2</sub>	Depósitos	Regresión	t + 1 y t + 2 en Feriados	45	1 0 0
10	OUT <sub>1</sub>	Retiros	Regresión	1 <= Ret <= 10	2	1 0 0
11	OUT <sub>2</sub>	Retiros	Regresión	10 < Ret <= 300	14	1 0 0
12	OUT <sub>3</sub>	Retiros	Regresión	300 < Ret <= 1000	21	1 0 0
13	OUTD <sub>1</sub>	Depósitos	Regresión	30 < Ret <= 150	10	1 0 0
14	OUTD <sub>2</sub>	Depósitos	Regresión	150 < Ret <= 1050	30	1 0 0
15	ATIP	Retiros	Regresión	Variable outlier cuando el registro es muy superior al comportamiento normal de acuerdo al día de la semana, mes, y Feriado.	4	1 0 0
16	ATIPD	Depósitos	Regresión	Variable outlier cuando el registro es muy superior al comportamiento normal de acuerdo al día de la semana, mes, y Feriado.	9	1 0 0
17	BANCO	Retiros	Regresión	Variable de intervención cuando se presenta una corrida bancaria.	6	1 0 0
18	VOUT <sub>1</sub>	Depósitos	Box y Jenkins	Outliers cuando los residuos son menores que -1.4 y mayores que -3	12	1 0 0
19	VOUT <sub>2</sub>	Depósitos	Box y Jenkins	Outliers cuando los residuos son mayores que 1.4 y menores que 3	6	1 0 0

**ANEXO No 4**

**FORMULACIÓN MATEMÁTICA**

$$Sc_t = Sc_{t-1} + D_{t-2} - R_t + M_{t-2} - X_t \quad (2.6)$$

Sujeto a

$$\text{Min} \left\{ C_t = \sum_{t=1}^T Sc_t Ca_t + \sum_{t=1}^T X_{it} C_{X_{it}} + \sum_{t=1}^T M_{it} C_{M_{it}} + \sum_{t=1}^T S_t C_{S_t} \right\} \quad \begin{cases} i=1, 2, \dots, 12 \\ t=1, 2, \dots, T \end{cases}$$

$$D_t, R_t \geq 0$$

$$M_{it}, X_{it} \geq 2.000$$

$$Ca_t = r/360$$

$$C_{S_t} = 1 \text{ USD} * S_t$$

$$r = 5\%$$

$$Sc_1 = 12,500$$

$$C_{X_{it}} = \begin{cases} f(X_i) & \text{si } Sc_t \geq LH \\ 0 & \text{si } Sc_t < LH \end{cases}$$

$$C_{M_{it}} = \begin{cases} f(M_i) & \text{si } Sc_t \geq LH \\ 0 & \text{si } Sc_t < LH \end{cases}$$

$$f(X_i) = \begin{cases} 0 \text{ USD} & \text{si } X_{it} < 2,000 \\ 0.000825 \text{ USD} & \text{si } X_{it} = 2,000 \\ 0.000750 \text{ USD} & \text{si } 2,001 \leq X_{it} \leq 3,000 \\ 0.000700 \text{ USD} & \text{si } 3,001 \leq X_{it} \leq 4,000 \\ 0.000620 \text{ USD} & \text{si } 4,001 \leq X_{it} \leq 5,000 \\ 0.000300 \text{ USD por exeso de cantidad} & \text{si } X_{it} > 5,000 \end{cases}$$

$$f(M_i) = \begin{cases} 0 \text{ USD} & \text{si } M_{it} < 2,000 \\ 0.000825 \text{ USD} & \text{si } M_{it} = 2,000 \\ 0.000750 \text{ USD} & \text{si } 2,001 \leq M_{it} \leq 3,000 \\ 0.000700 \text{ USD} & \text{si } 3,001 \leq M_{it} \leq 4,000 \\ 0.000620 \text{ USD} & \text{si } 4,001 \leq M_{it} \leq 5,000 \\ 0.000450 \text{ USD por exeso de cantidad} & \text{si } M_{it} > 5,000 \end{cases}$$

$$S_t = \begin{cases} \text{Max}(Sc_{t-1} + M_{it} - R_t + D_{t-2} - X_{it}, 0) & \text{si } Rt > (Sc_{t-1} + M_{it} - R_t + D_{t-2} - X_{it}) \text{ y} \\ & (Sc_{t-1} + M_{it} + D_{t-2} - X_{it}) \geq 0 \end{cases}$$

donde

$Sc_t$  es el saldo de caja.

$D_t$  es el flujo de depósito en el tiempo  $t - 2$ .

$R_t$  es el flujo de retiro en el tiempo  $t$ .

$M_{t-2}$  es la importación de una remesa en el tiempo  $t - 2$ .

$X_t$  es la exportación de una remesa en el tiempo  $t$ .