

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS  
MAESTRÍA EN SEGUROS Y RIESGOS FINANCIEROS**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
“MAGÍSTER EN SEGUROS Y RIESGOS FINANCIEROS”**

**TEMA**

**DESARROLLO DE UN MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE RIESGO  
OPERATIVO APLICADO A FRAUDES EXTERNOS**

**AUTORES**

**ELENA KATIUSKA EL HABIL MARIÑO  
DIEGO ROMÁN PERALTA HERRERA**

**Guayaquil- Ecuador**

**AÑO**

**2012**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de maestría está dedicado a DIOS, por darme la vida a través de mi mamá, Elena quien con mucho cariño, amor y ejemplo ha hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como: esposa, madre y profesional.

A Cristian, el amor de mi vida, que ha estado a mi lado en los momentos difíciles, dándome cariño, confianza y el apoyo incondicional para seguir adelante. A mi Sofy el motor de nuestras vidas, tu primer legado de mi parte.

A mi hermana Catherine, esperando que este trabajo te sirva de ejemplo para que cada día te superes y que trabajes con esfuerzo para conseguir lo que quieres.

A mi querida tía Cumi, por ampararme como a su hija, gracias de todo corazón.

Elena

A Dios por brindarme la oportunidad, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no hubiera podido.

Dolo, para ti amor, por los días tristes debido a la distancia que aunque no fue mucha siempre fue distancia. Gracias por sentarte a mi lado y enfrentar conmigo mis días más difíciles. Mi chiqui, Diego Martín, para ti mis primeras huellas. Juntos seguiremos avanzando hasta donde nos proponamos.

A mi Papá, Máximo Román, por enseñarme que el único camino a seguir es el del trabajo y perseverancia. A mi Mamá, Mercedes, gracias por las fuerzas y el apoyo incondicional con el que siempre me lleno, mes tras mes, módulo tras módulo.

A mis hermanos, Jee y Chris, gracias por preguntar, por preocuparse de mis aspiraciones, para ustedes que a mi lado siempre estarán y Yo al suyo.

Diego

## **Agradecimiento**

A través de este trabajo exteriorizamos nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Instituto de Ciencias Matemáticas y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética han puesto de manifiesto en las aulas enrumbar a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

Al Msc. Leonardo Vélez Aguirre quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que nos ha llevado el realizar este estudio práctico.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente al **ICM (Instituto de Ciencias Matemáticas)** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Pablo Álvarez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

MSc. Leonardo Vélez

DIRECTOR DEL PROYECTO

---

Ing. Dalton Noboa

VOCAL DEL TRIBUNAL

## **AUTORES PROYECTO DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Elena El Habil Mariño

---

Ing. Diego Peralta Herrera

## ÍNDICE

### “DESARROLLO DE UN MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE RIESGO OPERATIVO APLICADO A FRAUDE EXTERNO”

Páginas

#### Introducción

#### Objetivo General

#### Objetivos Particulares

<b>1. Marco Teórico de Riesgo Operativo</b> .....	1
1.1. Objetivo General.....	1
1.2. Objetivos Particulares.....	1
1.3. Antecedentes.....	1
1.3.1. Historia y Regulación del Riesgo Operativo.....	2
1.4. Descripción de los Tipos de Riesgo Operativo.....	5
1.4.1. Descripción de Tipos de Riesgo Operativo – Fraude Externo.....	6
<b>2. Metodologías para la Cuantificación del Riesgo Operativo</b> .....	7
2.1 Metodologías Propuestas por Basilea II para el Cálculo del Riesgo Operativo...7	
2.1.1 Método de Indicador Básico.....	8
2.1.2 Método Estándar (STDAOp).....	9
2.1.3 Método de Medición Avanzada (AMA).....	10
2.1.3.1 Requisitos Generales.....	10
2.1.3.2 Requisitos Cualitativos.....	11
2.1.3.3 Requisitos Cuantitativos.....	11
2.1.3.4 Las Fuentes de los datos de pérdida para AMA.....	12

<b>3. Simulación Montecarlo</b> .....	14
<b>4. Modelo Matemático para la Determinación de Riesgo Operativo – Fraude Externo</b> .....	18
4.1 Distribución Estadística.....	18
4.1.1 Distribución de Variable Discreta.....	18
4.1.1.1 Distribución de Variables Discretas: Importantes.....	19
4.1.1.2 Distribución de Variables Continuas: Importantes.....	20
4.2 Pruebas de Bondad de Ajuste.....	22
4.2.1 Pruebas de Bondad de Ajuste de Ji-Cuadrado.....	22
4.2.2 Pruebas de Bondad de Ajuste de Kolmogorov- Smirnov.....	22
4.3 Modelación de Severidad y Frecuencia.....	23
4.3.1 Modelación de Severidad.....	23
4.3.2 Modelación de Frecuencia.....	24
4.4 El VaR Operativo .....	24
4.5 Modelo de Cuantificación de Riesgo Operativo utilizando simulación.....	25
4.6 Resultados Obtenidos del Modelo de Cuantificación de Riesgo Operativo.....	27
4.6.1 Caso de Estudio # 1. Toda la Información.....	27
4.6.1.1 Distribución de Frecuencia de Eventos – Todos los Datos Históricos.....	27
4.6.1.2 Distribución de Severidad – Todos los Datos Históricos.....	28
4.6.1.3 Distribución de Pérdida Operativa para la Cuantificación de Riesgo Operativo – Fraude Externo.....	29
4.6.1.4 Calculo de la Perdida Máxima Inesperada.....	31
4.6.2 Caso de Estudio # 2. Por Agencia – Matriz Cuenca.....	32
4.6.2.1 Distribución de Frecuencia de Eventos. Agencia – Matriz Cuenca .....	32
4.6.2.2 Distribución de Severidad – Por Agencia – Matriz Cuenca .....	33
4.6.2.3 Distribución de Pérdida Agencia – Por Matriz Cuenca .....	34
4.6.2.4 Calculo de la Perdida Máxima Inesperada.....	35
4.6.3 Caso de Estudio # 3. Por Área Tarjeta de Crédito .....	36
4.6.3.1 Distribución de Frecuencia de Eventos – Por Área Tarjeta de Crédito.....	36
4.6.3.2 Distribución de Severidad – Por Área Tarjeta de Crédito.....	37
4.6.3.3 Distribución de Pérdida- Por Área Tarjeta de Crédito .....	38



4.6.3.4	Calculo de la Perdida Máxima Inesperada.....	39
<b>5</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>41</b>
5.1	Conclusiones.....	41
5.2	Recomendaciones.....	42
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>43</b>

## Contenido de Gráficos

	Págs.
1. Gráfico N°1 Agrupamiento de cinco iteraciones con generación de variables aleatorios Monte Carlo.....	16
2. Gráfico N°1 Distribución de Frecuencia de Eventos- Todos los Datos Históricos.....	27
3. Gráfico N° 2 Distribución de Severidad- Todos los Datos Históricos.....	28
4. Gráfico N° 3 Distribución de Pérdidas- Todos los Datos Históricos.....	29
5. Gráfico N°4 Cálculo de Pérdida Máxima Inesperada.....	31
6. Gráfico N°5 Distribución de Frecuencia de Eventos- Agencia Matriz Cuenca.....	32
7. Gráfico N° 6 Distribución de Severidad- Agencia Matriz Cuenca .....	33
8. Gráfico N° 7 Distribución de Pérdidas- Agencia Matriz Cuenca .....	34
9. Gráfico N°8 Cálculo de Pérdida Máxima Inesperada.....	35
10. Gráfico N°9 Distribución de Frecuencia de Eventos- Área TC Autorizaciones.....	36
11. Gráfico N° 10 Distribución de Severidad- Área TC Autorizaciones .....	37
12. Gráfico N° 11 Distribución de Pérdidas- Área TC Autorizaciones .....	38
13. Gráfico N°12 Cálculo de Pérdida Máxima Inesperada.....	39

## Contenido de Tablas

1. Tabla 1 Pérdida Estimada/ Cuantificación de Riesgo Operativo – Fraudes Externos.....	30
2. Tabla 2 Pérdida Estimada/ Cuantificación de Riesgo Operativo – Fraudes Externos.....	34
3. Tabla 3 Pérdida Estimada/ Cuantificación de Riesgo Operativo – Fraudes Externos.....	38

## **Objetivo General**

- Proponer un Método de Cuantificación de Riesgo Operativo aplicado a Fraudes Externos.

## **Objetivos Particulares**

- Identificar la distribución de frecuencia de eventos de riesgo - fraude externo.
- Identificar la distribución de severidad de eventos de riesgo - fraude externo.
- Obtener un modelo para la cuantificación de pérdidas operativas relacionadas con los eventos de riesgo externos.

## Introducción

La reciente crisis financiera internacional, ha dejado de manifiesto la importancia de contar con un adecuado marco de gestión de los riesgos a los cuáles las instituciones financieras están expuestas. Los distintos tipos de riesgos (mercado, crédito, operacional y liquidez) son transversales y de naturaleza distinta, por lo que la definición de un marco conceptual de referencia para abordar cada uno de ellos es de crucial importancia.

La cuantificación del riesgo financiero siempre ha sido una de las preocupaciones centrales de los investigadores y operadores en finanzas. No sólo por la necesidad cada vez más creciente de responder a la normatividad emanada de las entidades reguladoras nacionales e internacionales, como es el caso de la Superintendencia de Bancos y Seguros de Ecuador y el Banco de Pagos Internacionales (Bank for International Settlements-BIS) del Comité de Basilea, sino también, y primordialmente, para mejorar continuamente los procesos de toma de decisiones y generación de valor.

Una definición preliminar para riesgo operacional se plasmó en el del Comité de Basilea (año 2001), que lo conceptualizó de la siguiente manera: *“Riesgo operacional es el riesgo de sufrir pérdidas debido a la inadecuación o a fallos en los procesos, personal y sistemas internos o bien por causa de eventos externos”*. Lo que incluye el riesgo legal pero excluye al riesgo reputacional, estratégico y sistemático.

Este documento pretende contribuir a la determinación de la pérdida esperada por riesgo operativo aplicado a fraudes externos, centrándose principalmente en un modelo matemático que permita identificar el requerimiento de capital, por este evento de riesgo.

Además de esta sección introductoria, este trabajo cuenta con cuatro capítulos. El primero, presenta una breve historia del riesgo operativo y la descripción de los tipos de riesgo operativo. El segundo capítulo, aborda en detalle los métodos de cuantificación determinado por Basilea II, sus componentes, requisitos tanto para el método básico, estándar y avanzado. El capítulo tres, presenta las metodologías para la generación de números aleatorios. El capítulo cuatro, se centra en la descripción y reporte de

resultados del modelo de cuantificación del riesgo operativo de una Entidad Financiera. Finalmente, el capítulo cinco presenta las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto de graduación.

# **CAPÍTULO I**

## **1. MARCO TEÓRICO DE RIESGO OPERATIVO**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un Método de Cuantificación de Riesgo Operativo aplicado a Fraudes Externos.

### **1.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Identificar la distribución de frecuencia de eventos de riesgo - fraude externo.
- Identificar la distribución de severidad de eventos de riesgo - fraude externo.
- Obtener un modelo para la cuantificación de pérdidas operativas relacionadas con los eventos de riesgo externos.

### **1.3 ANTECEDENTES**

Las Organizaciones de cualquier naturaleza (privadas, publicas, sin ánimo de lucro, productivas, financieras, etc.) se enfrentan en sus actividades a un conjunto de eventos que pueden llevar a que no se alcancen los resultados objetivos que se tienen planteados, estos eventos se conocen como Riesgos. Entre los tipos de riesgo se encuentra el riesgo operativo, el cual se define como “la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas o inadecuaciones, en el recurso humano, los procesos, la tecnología, la infraestructura o por la ocurrencia de acontecimientos externos.”

Casos como la quiebra del Banco Barings en el año de 1995 que por la falta de un adecuado sistema de control interno y una inadecuada segregación defunciones permitió que un operador realizara y ocultara una serie de posiciones en derivados en Asia que aniquiló todo el capital social de la empresa. Igualmente casos tan sonados como las quiebras sufridas por Enron, WorldCom, Parmalat o casos más recientes, en el contexto ecuatoriano, como la crisis bancaria que llevó a la quiebra a varias entidades financieras

lo que obligó a las mismas a que implementen y desarrollen un conjunto de herramientas y metodologías que les permitan realizar una gestión adecuada en la previsión y mitigación del riesgo operativo.<sup>1</sup>

### **1.3.1 HISTORIA Y REGULACIÓN DEL RIESGO OPERATIVO**

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (CSBB) desde el 24 de junio de 2004 aprobó el Nuevo Acuerdo de Capitales (NACB), conocido como Basilea II, y por primera vez, exige a las entidades financieras capital para cubrir el Riesgo Operacional (RO). Este riesgo intrínsecamente ligado al control interno de las organizaciones se ha convertido en un tema de gran trascendencia y plena actualidad, habiendo pasado a ocupar un lugar prioritario en las agendas de los reguladores, de los supervisores, de las entidades, de los investigadores, y de todos los interesados en el sector financiero.

El RO, inherente a toda actividad, difícil de discernir, cuantificar y gestionar, representa uno de los grandes desafíos a los que se enfrentan las entidades hoy en día. Y es que, aunque la gestión del RO tampoco es una tarea nueva, sí debemos admitir que el enfoque actual, que integra la gestión de este riesgo en el conjunto de la entidad, es ciertamente novedoso.

Este cambio en la percepción y atención hacia el RO (Power, 2005) se ha debido fundamentalmente a un motivo: la gestión del RO es reconocida como una de las buenas prácticas dentro del sector de servicios financieros debido a que mejora de forma considerable el valor del accionista, optimizando los procesos, la dirección corporativa, la continuidad de los planes de la entidad y la transparencia financiera.

Así pues, esta nueva visión del RO, como un sector emergente, ha supuesto que aquellas entidades que aún no lo hayan hecho deban empezar a destinar una parte importante de sus recursos a gestionarlo de manera efectiva. Para ello, es imprescindible que se produzca un cambio cultural en el seno de las propias organizaciones, impulsado por la alta dirección apoyando con todas las inversiones necesarias, fundamentalmente formativas, para el conocimiento de todo el personal sobre el proceso de riesgo

---

<sup>1</sup>Chávez Gudiño José/Núñez Mora José, Riesgo Operativo: Esquema de Gestión y Modelado del Riesgo, Análisis Económico. Núm. 58, Vol. 25.

operativo, los responsables del monitoreo y administración dependiendo de las políticas establecidas por cada institución del sistema financiero.

De acuerdo a la Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador, según lo establecido en el numeral 2.9, artículo 2, sección I, capítulo I, título X, de la Codificación de Resoluciones de la Superintendencia de Bancos y Seguros y de la Junta Bancaria, que define al riesgo como “la posibilidad de que se produzca un hecho generador de pérdidas que afecten el valor económico de las instituciones”. Por esta razón la administración de riesgo es el proceso mediante el cual las instituciones del sistema financiero identifican, miden, controlan/mitigan y monitorean los riesgos inherentes al negocio, con el objeto de definir el perfil de riesgo, el grado de exposición que la institución está dispuesta a asumir en el desarrollo del negocio y los mecanismos de cobertura, para proteger los recursos propios y de terceros que se encuentran bajo su control y administración.

La Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador el 05 de octubre de 2005, emite la resolución JB 2005-854, en la que incluye reformas legales y normativas, cambio de políticas procesos y procedimientos, lo cual implica el valorar nuevas metodologías que puedan contribuir a las instituciones del sistema financiero, para mitigar y disminuir el riesgo causado por los errores operativos, los cuales alteran el normal funcionamiento del negocio, con el fin de que tomen las medidas necesarias para el control del RO, de manera que se dé cumplimiento a lo establecido en la resolución antes mencionada.

La gestión del riesgo operacional representa para las entidades financieras una de las tareas de mayor importancia en sus diferentes etapas de identificación, medida y control. Por otra parte, el nuevo Acuerdo de Capital de Basilea (Basilea II), proporciona un estándar internacional de supervisión que las instituciones financieras están obligadas a cumplir (BIS, 1996). Estas nuevas reglas marcan patrones a seguir en el análisis de las tres componentes esenciales del riesgo: riesgo de mercado, riesgo de crédito y riesgo operacional. De esta forma, se confirma la gestión del riesgo como una de las piezas clave para la determinación de las provisiones dinámicas de niveles mínimos de capital físico que las entidades deben mantener con el fin de cubrir las pérdidas esperadas. Por esta razón, resulta de interés establecer modelos de riesgo que sirvan a una doble finalidad: la de proponer controles internos que mejoren la propia



gestión y la de presentar informes precisos a este respecto a las instituciones supervisoras externas.<sup>2</sup>

Una definición preliminar para riesgo operacional se plasmó en el del Comité de Basilea (año 2001), definición que excluía el riesgo estratégico y reputacional. El proceso de discusión de ese documento, en el que participó la banca, condujo a la inclusión de nuevos aspectos y a la modificación tanto de la definición, del riesgo operacional como de los métodos de cuantificación; lo que se plasmó en el documento “Workingpaper on the Regulatory Treatment of Operational Risk” (2001). Esta publicación constituyó la base para todas las publicaciones posteriores del Comité de Basilea sobre riesgo operacional, así como la difusión de la primera definición consensuada:

*“Riesgo operacional es el riesgo de sufrir pérdidas debido a la inadecuación o a fallos en los procesos, personal y sistemas internos o bien por causa de eventos externos”. Lo que incluye el riesgo legal pero excluye al riesgo reputacional, estratégico y sistemático.*

La Superintendencia de Bancos y Seguros define al riesgo operacional como *“la posibilidad de que se produzcan pérdidas debido a eventos originados en fallas o insuficiencia de procesos, personas, sistemas internos, tecnología, y en la presencia de eventos externos imprevistos. Incluye el riesgo legal pero excluye los riesgos sistémico y de reputación.*

*Agrupar una variedad de riesgos relacionados con deficiencias de control interno; sistemas, procesos y procedimientos inadecuados; errores humanos y fraudes; fallas en los sistemas informáticos; ocurrencia de eventos externos o internos adversos, es decir, aquellos que afectan la capacidad de la institución para responder por sus compromisos de manera oportuna, o comprometen sus intereses.”*<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup>Codificación de Resoluciones de Superintendencia de Bancos y Seguros y de la Junta Bancaria. <https://www.sbs.gob.ec>.

<sup>3</sup>Codificación de Resoluciones de Superintendencia de Bancos y Seguros y de la Junta Bancaria. <https://www.sbs.gob.ec>.

## 1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE RIESGO OPERATIVO

Los riesgos operativos pueden presentar un amplio abanico de formas en las Organizaciones, con el fin de facilitar su gestión se ha determinado la siguiente clasificación (Basilea II, 2003, pág. 2):<sup>4</sup>

- **Fraude Interno:** Actos que de forma intencionada buscan defraudar o apropiarse indebidamente de activos de la entidad o incumplir normas o leyes, en los que está implicado, al menos, un empleado o administrador de la entidad. Ejemplos: robo por parte de empleados, utilización de información confidencial en beneficio propio.
- **Fraude Externo:** Actos, realizados por una persona externa a la entidad, que buscan defraudar, apropiarse indebidamente de activos de la misma o incumplir normas o leyes. Ejemplos: Atraco, falsificación, intrusión a los sistemas informáticos.
- **Relaciones laborales:** Actos que son incompatibles con la legislación laboral, con los acuerdos internos de trabajo y, en general, la legislación vigente sobre la materia. Ejemplos: Infracción en las normas de salud ocupacional, acusaciones de discriminación.
- **Clientes:** Fallas negligentes o involuntarias de las obligaciones frente a los clientes y que impiden satisfacer una obligación profesional frente a estos. Ejemplos: Abuso de información confidencial de los clientes, lavado de dinero, ventas de productos no autorizados.
- **Daños a activos físicos:** Pérdidas derivadas de daños o perjuicios a activos físicos de la entidad. Ejemplos: Terrorismo, vandalismo, desastres naturales.
- **Fallas tecnológicas:** Pérdidas derivadas de incidentes por fallas tecnológicas. Ejemplos: Fallas del hardware, fallas del software, fallas en las telecomunicaciones.
- **Ejecución y administración de procesos:** Pérdidas derivadas de errores en la ejecución y administración de los procesos. Ejemplos: Errores en la introducción de datos, Falta de oportunidad en la respuesta, errores en los modelos, deficiencias en la administración de los proveedores.

---

<sup>4</sup>Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Basilea II). Good practices for the management and supervision of operational risk. 02/01/2003. Basilea – Suiza. Pág. 12. <https://www.bis.org>.

#### 1.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE RIESGO OPERATIVO- FRAUDES EXTERNOS

La mayoría de los estudios de fraudes que afectan a la banca utilizan una clasificación que parte del origen del fraude, por lo que lo dividen en fraudes externos (aquellos que vienen de personas que no laboran en el banco, aunque pueden ser clientes o relacionados) e internos (cuando los responsables laboran en el banco).

El Comité de Basilea utilizó esta clasificación del fraude cuando abordó el tema del riesgo operacional en 2003, lo que de alguna manera ha contribuido a convertir esta clasificación en la más utilizada.

Mientras en el fraude externo la inmensa mayoría tiene como móvil la obtención de un beneficio económico, no ocurre lo mismo en el fraude interno, que también puede perseguir ocultar errores cometidos con la finalidad, por ejemplo, de mantener el empleo.

El fraude externo afecta al 20% de los bancos y en el año 2011 el 3% de población fue víctima de un fraude ya sea este *skimming*, *cambiazos* o *phishing*, por esta razón las entidades financieras se ven obligadas a reforzar sus seguridades en los procesos de bancas virtuales, cajeros automáticos y banca celular. Por otra parte si la entidad no implementa los correctivos necesarios, se presentaría el riesgo que los de fraudes antes mencionados vayan en aumento, razón por la cual el sistema financiero cuenta actualmente con sistemas de confirmación de transacción, pero adicional necesita estar cubierto para asumir a sus clientes los posibles fraudes que se puedan presentar, por lo que debe conocer cuánto dinero necesita provisionar para este tipo de eventos.

## **CAPÍTULO II**

### **2.METODOLOGÍAS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO OPERATIVO**

#### **2.1 METODOLOGÍAS PROPUESTAS POR BASILEA II PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO OPERATIVO.**

El proceso de medición de riesgo operativo, está constituido por diferentes fases que parte desde la recopilación de la información de riesgos, modelación de la información de riesgos, donde se deben definir los factores de evaluación de las categorías que tenga la institución financiera establecidas, por las categorías de riesgo. Una vez establecido este proceso, la siguiente fase es la medición del RO, que es un proceso complejo, ya que se debe establecer las relaciones e interdependencias de las diferentes categorías de riesgo, las escalas establecidas de valoración para probabilidad y la severidad y la combinación de las mismas. Más complejo aun, cuando consideramos los riesgos asociados a personas. ¿Cuán probable es que un funcionario cometa un fraude a la institución en que trabaja?, ¿Cuánto dinero pierde la institución si los clientes ingresan datos en páginas fraudulentas?, etc. Adicionalmente, estos riesgos recientemente se empiezan a medir, a diferencia de otros, como el riesgo crediticio, que han sido conocidos y abordados por los bancos e instituciones financieras hace ya varias décadas.

El riesgo operacional es algo transversal, es decir, es un riesgo que implica a todos los procesos de la organización, e identifica cuáles son los procesos críticos o más aún, qué actividades específicas del proceso son las que generan dichos riesgos y que puede tener un gran impacto y llevarle a la institución financiera mucha dedicación.

Por esta razón el Comité de Basilea propone tres enfoques para calcular los requerimientos de capital por riesgo operativo:<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Basilea II). Convergencia internacional de medidas y normas de capital. 01/06/2004. Basilea – Suiza. Pág.– 228. <https://www.bis.org>.

1. Método de Indicador Básico (BIA)
2. Método Estándar (STDAOp)
3. Método de Medición Avanzada(AMA)

### 2.1.1 Método Indicador Básico (BIA)

El método del indicador básico consiste en multiplicar un porcentaje fijo ( $\alpha$ ) por un indicador de la exposición al riesgo operacional (ingresos brutos). El porcentaje ha sido fijado en un 15%, que es la cifra que relaciona dicho indicador con el nivel deseado de recursos propios en el sistema financiero. El capital requerido, bajo el enfoque básico, es la media de los ingresos brutos anuales (positivos) de los tres últimos ejercicios

Ejemplo:

$$RCBIA = \frac{\sum IB_{1...n} \times \alpha}{n}$$

Dónde:

RCBIA= requerimientos de capital en el enfoque básico.

IB = ingresos anuales brutos, cuando sean positivos en los tres últimos años.

$\alpha$  = 15%.

n = número de años con IB positivos en los tres últimos años.

Basilea II define ingresos brutos como los ingresos netos por concepto de intereses más otros ingresos netos ajenos a intereses. Esta medida debe excluir las provisiones dotadas, los gastos de explotación, los resultados realizados por la venta de valores de la cartera de inversión y los resultados extraordinarios o los ingresos derivados de las actividades de seguros.

El indicador ingresos brutos pretende ser una aproximación al tamaño o nivel de actividad de una entidad. Se buscaba una medida que fuese simple y pudiera ser comparable entre distintas jurisdicciones. Obviamente, no es una medida perfecta de riesgo operacional, pero su representatividad es muy superior a la de los otros indicadores que se tuvieron en consideración alternativamente, como cifras de balance (concretamente, inversión crediticia o número de trabajadores.)

El BIA es un método muy simple, que no exige ningún otro requisito cualitativo aparte de este sencillo cálculo.

### **2.1.2 Método Estándar (STDAOp)**

Sigue el mismo sistema que el método básico, con la diferencia de que en este enfoque se exige a las entidades que dividan su actividad en ocho líneas de negocio. El método de cálculo consiste en multiplicar unos porcentajes fijos ( $\beta$ ) por un indicador de la exposición al riesgo operacional (ingresos brutos) en cada una de las líneas de negocio.

Los requerimientos totales de capital serán:

$$RCSA = \frac{\sum_{t=1}^3 \max[\sum_{j=1}^8 (IB_j, t. \beta_j); 0]}{3}$$

Dónde:

RCSA = requerimientos de capital con el método estándar.

IB1-8 = ingresos brutos de cada línea de negocio.

$\beta$ 1-8 = porcentaje fijo cuyo valor para cada línea de negocio se detalla a continuación:

- Finanzas corporativas ( $\beta$ 1) 18%
- Negociación y ventas ( $\beta$ 2) 18%
- Banca minorista ( $\beta$ 3) 12%
- Banca comercial ( $\beta$ 4) 15%
- Liquidación y pagos ( $\beta$ 5) 18%
- Servicios de agencia ( $\beta$ 6) 15%
- Administración de activos ( $\beta$ 7) 12%
- Intermediación minorista ( $\beta$ 8) 12%

El Nuevo Acuerdo recoge una información suplementaria sobre cómo realizar la asignación de los ingresos brutos entre las distintas líneas de negocio. Además, se exige que este reparto sea estable y esté suficientemente documentado.

El método estándar no consiste en un mero cálculo de recursos propios, sino que se pretende que las entidades que lo sigan realicen una gestión activa de su riesgo operacional. Por ello, para poder optar por este método se deberán cumplir unos requisitos cualitativos bastante exigentes. Se requiere la implicación activa de la alta dirección y el consejo de administración; que el sistema de evaluación del riesgo sea sólido y esté plenamente integrado en la gestión diaria de riesgos de la entidad y que la entidad cuente con recursos suficientes tanto en las líneas de negocio como en las áreas de control y auditoría.

Además, se exige que la entidad disponga de un sistema de evaluación y gestión del riesgo operacional que:

- Esté integrado dentro de los procesos de gestión del riesgo de la entidad.
- Asigne responsabilidades a una unidad de riesgo operacional.
- Realice un seguimiento sistemático de las pérdidas relevantes sufridas en cada línea de negocio.
- Cuente con un sistema periódico de información a la dirección de las líneas de negocio, alta dirección y al consejo de administración.
- Esté suficientemente documentado.
- Sea validado interna y externamente por los auditores y/o supervisores.

### **2.1.3 Método de Medición Avanzada (AMA)**

El método de medición avanzada para el cálculo del capital requerido en riesgo operacional radica, precisamente, en que la entidad puede utilizar a efectos regulatorios el resultado de su propio modelo, diseñado según sus necesidades de gestión.

Por esto, Basilea II sienta unos criterios generales cualitativos y cuantitativos muy rigurosos que deberán cumplir las entidades que sigan el modelo AMA para poder obtener una aprobación del supervisor, a efectos de cómputo de capital.

#### **2.1.3.1 Requisitos Generales**

El Nuevo Acuerdo requiere la implicación activa de la alta dirección y del consejo de administración en la gestión del riesgo operacional, que el modelo interno sea sólido y esté plenamente integrado en los sistemas de medición y gestión de riesgos de la

entidad, y que la entidad cuente con recursos suficientes tanto en las líneas de negocio como en las áreas de control y auditoría.

### **2.1.3.2 Requisitos Cualitativos**

Todo modelo interno debe servir para su finalidad básica, que es facilitar una gestión activa del riesgo. Dada la gran flexibilidad admitida en el tratamiento del riesgo operacional, se considera imprescindible que las entidades implanten y mantengan rigurosos procedimientos para la elaboración de sus modelos internos y que exista una validación independiente de tales modelos. En resumen, la entidad deberá cumplir los siguientes requisitos cualitativos:

- Contar con una unidad independiente de gestión del riesgo operacional responsable del desarrollo e implantación de la metodología de cálculo.
- Que el modelo interno de medición de riesgo operacional esté totalmente integrado en los procesos de gestión de riesgos de la entidad.
- Existencia de un sistema de información periódica a las direcciones de las líneas de negocio, a la alta dirección y al consejo de administración.
- El sistema debe estar suficientemente documentado.
- Debe ser validado interna y externamente.

### **2.1.3.3 Requisitos Cuantitativos**

Dada la continua evolución de los métodos analíticos en el tratamiento y medición del riesgo operacional, el Comité no especifica el método o los supuestos sobre distribuciones de probabilidad utilizados para medir este riesgo a efectos de calcular el capital regulador.

Sin embargo, la entidad deberá demostrar que el método utilizado identifica los eventos situados en las colas de la distribución de probabilidad y que generan grandes pérdidas. Con independencia del método empleado, el banco deberá demostrar que su medida del riesgo operacional satisface los siguientes criterios:

- Solidez: La institución financiera debe demostrar que los métodos considerados en su sistema permiten identificar y representar adecuadamente los eventos



extremos de pérdida por riesgo operacional, tanto en severidad como en frecuencia.

- Fuentes relevantes de información de pérdida: Basilea II considera cuatro fuentes principales de información de pérdida y de escenarios para el desarrollo de métodos de valoración interna de capital por riesgo operacional: 1) datos internos, 2) datos externos, 3) análisis de escenarios y 4) factores del entorno e internos de control. Para cada uno, Basilea II estipula criterios mínimos que los bancos deben cumplir para estimar sus requerimientos de capital por riesgo operacional mediante AMA.

#### **2.1.3.4 Las fuentes de los datos de pérdidas para AMA**

Para operar un sistema de medición, la institución debe reunir cuatro tipos de datos para asegurar lo siguiente:

- 1) Con respecto a los datos internos de pérdidas operativas:
  - a. reunir datos internos sobre pérdidas operativas de al menos cinco años, capturados a lo largo de todas las líneas de negocios relevantes, eventos, tipos de producto y regiones geográficas; para cada número de pérdida, reunir también la fecha, cualquier recuperación posterior, así como la información causal relevante;
  - b. fijar umbrales realistas encima los cuales todas las pérdidas operativas internas serían capturadas
  - c. construir un sistema para trazar un mapa de variables de pérdida de la base de datos de uno a siete tipos de eventos, especificados en Basilea II;
  - d. el reconocimiento que, en general, cualquier pérdida con atributos de riesgo de crédito debería ser atribuida al riesgo de crédito y no parcialmente ser atribuido al riesgo operacional, incluso si se hubiera implicado fraude.
  
- 2) Con respecto a los datos externos de pérdidas operativas:
  - a. Establecer y adherirse a políticas y procedimientos que aseguren el empleo de datos externos relevantes de pérdidas en el marco de riesgo operativo

(particularmente relevante donde la historia de pérdidas interna de una institución no es suficiente para generar una estimación de grandes pérdidas inesperadas).

- 3) Con respecto a los datos de escenarios:
  - a. Desarrollar un proceso para incorporar escenarios en el modelo (el análisis de escenarios es un proceso sistemático para obtener opiniones expertas de directores comerciales y expertos de gestión de riesgo para derivar evaluaciones razonables de la probabilidad y el impacto de pérdidas operacionales plausibles).
  
- 4) En lo que concierne a datos del factor de control interno del ambiente de negocio:
  - a. Desarrollar un método para incorporar las evaluaciones del ambiente de negocio y factores de control internos (por ejemplo, registros de auditoría, evaluaciones de riesgo y de control, indicadores de riesgo, etc.) en su evaluación de capital AMA.

## **CAPITULO III**

### **3.SIMULACIÓN MONTECARLO**

En este documento para la ejemplificación de la medición de riesgo operativo de esta investigación se utilizará el método Montecarlo, considerado como un método de medición avanzada, según lo establecido en Basilea II, dentro del cálculo de capital requerido por Riesgo Operacional.

La simulación de Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos).

La clave de la simulación Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en (1) generar – con ayuda del ordenador- (valores concretos) para dichos inputs, y (2) analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir  $n$  veces este experimento, dispondremos de  $n$  observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo –obviamente, nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número  $n$  de experimentos que llevemos a cabo.

La simulación Montecarlo realiza el análisis de riesgo con la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores —una distribución de probabilidad— para cualquier factor con incertidumbre inherente. Luego, calcula los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad. Dependiendo del número de incertidumbres y de los rangos especificados. Para completar una simulación Montecarlo puede ser necesario realizar miles o decenas de miles de cálculos. La simulación Montecarlo produce distribuciones de valores de los resultados posibles.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>Marcelo G. Ruiz. *Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk*.

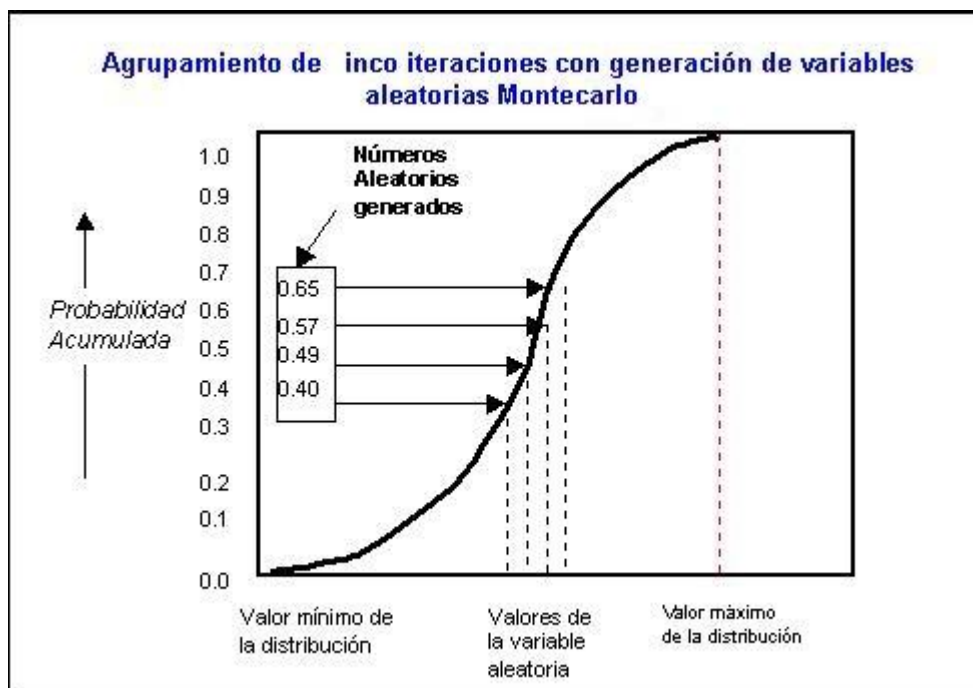
El análisis de riesgo se puede realizar cualitativa y cuantitativamente. El análisis de riesgo cualitativo generalmente incluye la evaluación instintiva o “por corazonada” de una situación, y se caracteriza por afirmaciones como “Eso parece muy arriesgado” o “Probablemente obtendremos buenos resultados”. El análisis de riesgo cuantitativo trata de asignar valores numéricos a los riesgos, utilizando datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas. En este trabajo vamos a concentrarnos en el análisis de riesgo cuantitativo.

Mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden generar diferentes probabilidades de que se produzcan diferentes resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Las distribuciones de probabilidad más utilizadas son:

- Discreta: Bernoulli, Binomial, Poisson
- Continua: Normal, Lognormal, Triangular, Uniforme

Durante una simulación Montecarlo, los valores se muestrean aleatoriamente a partir de las distribuciones de probabilidad introducidas. Cada grupo de muestras se denomina iteración, y el resultado correspondiente de esa muestra queda registrado. La simulación Montecarlo realiza esta operación cientos o miles de veces, y el resultado es una distribución de probabilidad de posibles resultados. De esta forma, la simulación Montecarlo proporciona una visión mucho más completa de lo que puede suceder, además indica no sólo lo que puede suceder, sino la probabilidad de que suceda, como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico N°1



La simulación Montecarlo proporciona una serie de ventajas:

- Resultados probabilísticos: Los resultados muestran no sólo lo que puede suceder, sino lo probable que es un resultado.
- Resultados gráficos: Gracias a los datos que genera una simulación Montecarlo, es fácil crear gráficos de diferentes resultados y las posibilidades de que sucedan. Esto es importante para comunicar los resultados a otras personas interesadas.
- Análisis de sensibilidad: Con sólo unos pocos resultados, en los análisis deterministas es más difícil ver las variables que más afectan el resultado. En la simulación Montecarlo, resulta más fácil ver qué variables introducidas tienen mayor influencia sobre los resultados finales.
- Análisis de escenario: En los modelos deterministas resulta muy difícil modelar diferentes combinaciones de valores de diferentes valores de entrada, con el fin de ver los efectos de situaciones verdaderamente diferentes. Usando la simulación Montecarlo, los analistas pueden ver exactamente los valores que tienen cada variable cuando se producen ciertos resultados. Esto resulta muy valioso para profundizar en los análisis.

- Correlación de variables de entrada: En la simulación Montecarlo es posible modelar relaciones interdependientes entre diferentes variables de entrada. Esto es importante para averiguar con precisión la razón real por la que, cuando algunos factores suben, otros suben o bajan paralelamente.

## CAPÍTULO IV

### 4. MODELO MATEMÁTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGO OPERATIVO - FRAUDE EXTERNO

#### 4.1 DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA

En teoría de la probabilidad y estadística, la **distribución de probabilidad** de una variable aleatoria es una función que asigna a cada suceso definido sobre la variable aleatoria la probabilidad de que dicho suceso ocurra. La distribución de probabilidad está definida sobre el conjunto de todos los sucesos, cada uno de los sucesos es el rango de valores de la variable aleatoria.

Cuando la variable aleatoria toma valores en el conjunto de los números reales, la distribución de probabilidad está completamente especificada por la **función de distribución**, cuyo valor en cada real  $x$  es la probabilidad de que la variable aleatoria sea menor o igual que  $x$ .

Dada una variable aleatoria  $X$ , su **función de distribución**  $F_X(x)$ , se define como:

$$F_X(x) = P(X \leq x)$$

##### 4.1.1 Distribución de Variable Discreta

Se denomina distribución de una variable discreta a aquella cuya función de probabilidad sólo toma valores positivos en un conjunto de valores de  $N$  finito o infinito numerable. A dicha función se le llama función de masa de probabilidad. En este caso la distribución de probabilidad es la suma de la función de masa, por lo que tenemos entonces que:

$$F_{(n)}=P(N \leq n) = \sum_{k=-\infty}^n f(k)$$

Y, tal como corresponde a la definición de distribución de probabilidad, esta expresión representa la suma de todas las probabilidades desde  $-\infty$  hasta el valor  $x$

#### 4.1.1.1 Distribución de Variables Discretas: Importantes

- **Distribución Binomial:** En estadística, la **distribución binomial** es una distribución de probabilidad discreta que mide el número de éxitos en una secuencia de  $n$  ensayos independientes entre sí, con una probabilidad fija  $p$  de ocurrencia del éxito entre los ensayos.

Si  $p$  es la probabilidad de que ocurra un suceso en un solo intento (llamada probabilidad de éxito) y  $q=1-p$  es la probabilidad de que no ocurra en un solo intento (llamada probabilidad de fracaso), entonces la probabilidad de que el suceso ocurra exactamente  $X$  veces en  $N$  intentos (o sea,  $X$  éxitos y  $N-X$  fracasos) viene dada por:

$$p_x = \binom{N}{x} p^x q^{N-x} = \frac{N!}{x!(N-x)!} p^x q^{N-x}$$

Ejemplo: Dentro de una institución financiera es la probabilidad de que ocurra en evento de riesgo o que no se presente dicho evento.

- **Distribución Binomial Negativa:** En estadística la **distribución binomial** es una distribución de probabilidad discreta que incluye a la **distribución de Pascal**. El número de experimentos de parámetro  $\theta$  independientes realizados *hasta la consecución del  $k$ -ésimo éxito* es una variable aleatoria que tiene una distribución binomial negativa con parámetros  $k$  y  $\theta$ .

$$b^*(x; k, \theta) = \binom{x-1}{k-1} \theta^k (1-\theta)^{x-k}$$

Ejemplo: Si la probabilidad de que un cliente de una institución financiera este expuesto a fraude externo es de 0,02. ¿Cuál es la probabilidad de que el cliente 50 sea el tercero es sufrir este riesgo?

- **Distribución de Poisson:** En teoría de probabilidad y estadística, la **distribución de Poisson** es una distribución de probabilidad discreta que expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media, la probabilidad que ocurra un determinado número de eventos durante cierto periodo de tiempo.



$$p(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

Ejemplo: Si el 2% de los clientes de una institución financieras son afectados por riesgo operativo- fraude externo, para obtener la probabilidad de que 5 de 400 clientes tengan problemas por este riesgos.

- **Distribución Geométrica:** En teoría de probabilidad y estadística, la **distribución geométrica** es laprobabilidad del número  $x$  del ensayo de Bernoulli necesaria para obtener un éxito, contenido en el conjunto  $\{1, 2, 3, \dots\}$

$$P(X = x) = (1 - p)^{x-1} p$$

Ejemplo: Si la posibilidad de que se presente un fraude externo es de 8 veces, se debería presentar 7 eventos fallidos, para que el octavo sea exitoso.

#### 4.1.1.2 Distribución de Variables Continuas Importantes

- **Distribución Normal:** En estadística y probabilidad se llama **distribución normal, distribución de Gauss** o **distribución gaussiana**, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece aproximada en fenómenos reales.

La importancia de esta distribución radica en que permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos. Mientras que los mecanismos que subyacen a gran parte de este tipo de fenómenos son desconocidos, por la enorme cantidad de variables incontrolables que en ellos intervienen, el uso del modelo normal puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene como la suma de unas pocas causas independientes.

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

- **Distribución Uniforme:** En teoría de probabilidad y estadística, la **distribución uniforme continua** es una familia de distribuciones de probabilidad para variables aleatorias continuas, tales que cada miembro de la familia, todos

los intervalos de igual longitud en la distribución en su rango son igualmente probables. El dominio está definido por dos parámetros,  $a$  y  $b$ , que son sus valores mínimo y máximo.

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \quad a \leq x \leq b$$

- **Distribución Lognormal:** En probabilidades y estadísticas, la **distribución Lognormal** es una distribución de probabilidad de cualquier variable aleatoria con su logaritmo normalmente distribuido (la base de una función logarítmica no es importante, ya que  $\log X$  está distribuida normalmente si y sólo si  $\log X$  está distribuida normalmente). Si  $X$  es una variable aleatoria con una distribución normal, entonces  $\exp(X)$  tiene una distribución Lognormal.

Una variable puede ser modelada como Lognormal si puede ser considerada como un producto multiplicativo de muchos pequeños factores independientes. Un ejemplo típico es un retorno a largo plazo de una inversión: puede considerarse como un producto de muchos retornos diarios.

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2}$$

- **Distribución de Pearson:** En estadística, la **distribución  $\chi^2$  (de Pearson)**, llamada Chi cuadrado o Ji cuadrado, es una distribución de probabilidad continua con un parámetro  $k$  que representa los grados de libertad de la variable aleatoria

$$X = Z_1^2 + \dots + Z_k^2$$

donde  $Z_i$  son variables aleatorias normales independientes de media cero y varianza uno. El que la variable aleatoria  $X$  tenga esta distribución se representa habitualmente así:  $X \sim \chi_k^2$ .

$$f(x; k) = \frac{1}{2^{\frac{k}{2}} \Gamma(\frac{k}{2})} x^{\frac{k}{2}-1} e^{-x/2}$$

## 4.2 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Hasta ahora la comunidad científica alrededor del riesgo operacional, viene tomando un número limitado de distribuciones de probabilidad tanto para las variables discretas (eventos), como para las variables continuas (severidad), y es importante resaltar las diferentes pruebas de bondad de ajuste tales como Chi, K-S, necesarias para cada distribución.

### 4.2.1 Prueba de Bondad de Ajuste de Ji-Cuadrado

La Prueba de Chi Cuadrado es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis, también se utiliza para probar la independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia.

Lo que se pretende probar es lo siguiente:

*H<sub>0</sub>*: Los datos provienen de una distribución específica.

Decisión: Se rechaza  $H_0$  si  $x^2_{calculado} > x^2_{teórico}$

$$x^2 = \sum \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j}$$

Se utiliza para determinar si una distribución de probabilidad específica se ajusta a los datos históricos. En riesgo operacional se aplica a la variable aleatoria discreta frecuencia.

### 4.2.2 Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov

Esta prueba se utiliza para probar la hipótesis acerca de la distribución de la población, de la cual se extrae una variable aleatoria. La hipótesis nula para la prueba de bondad de ajuste es la distribución de la población frente a la alternativa de que los datos no se ajustan a la distribución dada. Para esta prueba consideremos lo siguiente:

Si se tiene una muestra de variables aleatorias  $X: x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  se define la función de distribución empírica de la muestra:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \text{si } y_i \leq x \\ 0 & \text{alternativa} \end{cases}$$

Donde  $x_{(1)}, x_{(2)}, x_{(3)}, \dots, x_{(n)}$  constituyen la muestra ordenada de menor a mayor. El estadístico de prueba para este test de Bondad de Ajuste se basa en la mayor distancia entre la distribución empírica de los datos  $F_n(x)$  y la distribución teórica que suponemos para la población  $F(x)$ , entonces:

$$D = \text{Max}|F_n(x) - F(x)|$$

$$D = \text{Max}\{D^+, D^-\}$$

El valor  $p$  es el nivel de significación alcanzado de una prueba. Esta cantidad es un estadístico que representa el mínimo valor de  $\alpha$  para el cual se rechaza la hipótesis nula.

### 4.3 Modelación de la severidad y frecuencia

#### 4.3.1 Modelación de severidad

La primera etapa, consiste en ajustar distintos modelos de distribución probabilística a los datos históricos de pérdidas operacionales desglosadas por su tipología para una determinada línea de negocio y evento de pérdida. En definitiva, se trata de encontrar la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos observados y estimar sus parámetros. Christopher Lee Marshall (2001), Marcelo Cruz (2002), Mariano González (2004), Pavel Shevchenko, Carrillo (2006), proponen la distribución Lognormal o la de Weibull como las más recomendables a la hora de modelar la severidad si bien, en la práctica ninguna distribución simple se ajusta a los datos satisfactoriamente; de ahí la necesidad de recurrir a una mixtura de distribuciones para variables aleatorias continuas.

Sea  $X$ : el monto de la pérdida de la matriz de pérdidas (pérdida en dólares).

Variable que sigue una distribución de probabilidad  $F_{ij,x}$  la cual se define como:

$$F_{ij,x} = \Pr o x_{ij}$$

### 4.3.2 Modelación frecuencia

La frecuencia es una variable aleatoria discreta que representa el número de eventos observados durante un periodo de tiempo establecido, con una determinada probabilidad de ocurrencia. Christopher Lee Marshall (2001), Marcelo Cruz (2002), Mariano González (2004), Pavel Shevchenko proponen la distribución Poisson como una candidata con muchas ventajas a la hora de modelar dicha variable, también recomiendan contemplar otras alternativas como la Binomial o la Binomial Negativa.

Sea  $N_{ij}$  una variable aleatoria que representa el número de eventos de riesgo de la matriz de eventos (frecuencia de los eventos). Variable que sigue una distribución de probabilidad  $p_{ij,n}$  la cual se define como:

$$p_{ij,n} = \Pr o N_{ij} = n$$

## 4.4 El VaR Operativo

El Valor en Riesgo (VaR) operativo es una medida estadística de riesgo de operativo que estima la pérdida máxima que podría registrar en las operaciones de una institución financiera en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de probabilidad o confianza a causa de eventos externos que pueden afectar el sistema operativo de una institución financiera.

Es importante destacar que la definición de valor en riesgo es válida únicamente en condiciones normales de operación, ya que en momento de crisis y turbulencia la pérdida esperada se define por pruebas de stress o valores extremos.”<sup>7</sup>

“El VaR intenta dar una idea sobre la pérdida en que se puede incurrir en un cierto periodo de tiempo pero, al ser inciertas las pérdidas y ganancias, es necesario asociar las probabilidades a las diferentes pérdidas potenciales. Un poco más formalmente el VaR es un nivel de pérdidas tal que la probabilidad “ $\alpha$ ” de que la pérdida exceda esta cantidad en un periodo de tiempo dado, corresponde a un cierto nivel de confianza escogido por el analista. Así, el analista fija de antemano el nivel de confianza con el que quiere trabajar y el periodo de tiempo en el que puede ocurrir la pérdida de los activos financieros a los que se les quiera medir su riesgo. A partir de estos dos parámetros, el VaR corresponde al percentil asociado al nivel de confianza fijado, de la distribución de probabilidades de pérdidas y ganancias que puede tener el patrimonio de una institución financiera a causa de un fraude externo, en un horizonte de tiempo dado, dadas las condiciones de incertidumbre que prevalecen en ese momento en el mercado.”<sup>8</sup>

#### **4.5 Modelo de Cuantificación de Riesgo Operativo utilizando Simulación**

Para la cuantificación de la pérdida esperada y la necesidad de capital para cubrir riesgo operativo dentro de una institución financiera, se busca explicar, en primera instancia, de manera separada la severidad y las frecuencias de ocurrencia de los eventos de riesgo operacional para en segunda instancia unir estas dos variables de entrada y obtener la pérdida esperada dada cierta frecuencia de eventos con cierta severidad de los mismos. Dicho de otra manera, la distribución asociada a la severidad viene a modelar cuánto se pierde (en dólares) cada vez que ocurre un evento y, por otra parte, la distribución de frecuencias intenta explicar cuántos eventos ocurren en determinado período de tiempo.

El proceso para la construcción del modelo de cuantificación es el siguiente:

---

<sup>7</sup>De Lara Haro, Alfonso, 2002<sup>2</sup>, *Medición y Control de Riesgos Financieros*. Edit. Limusa S.A., México.

<sup>8</sup>Banco de México, 2005<sup>1</sup>. *Definiciones Básicas de Riesgo*, México D.F. Pág. 3.

- Identificar el conjunto de datos históricos que se utilizará para realizar el ajuste. El usuario podrá filtrar la información por Fechas, Agencia y Área de Negocio.
- Del conjunto de datos escogido se obtuvo los impactos de todos los eventos de riesgo.
- Por medio de una herramienta de Análisis de Riesgo, @Risk de Palisade Corporation, se procedió a ajustar los datos históricos a una distribución continua. Esta distribución representa el impacto de los eventos registrados.
- Del conjunto de datos escogido se obtuvo las frecuencias de todos los eventos de riesgo.
- Por medio de una herramienta de Análisis de Riesgo, @Risk de Palisade Corporation, se procedió a ajustar los datos históricos a una distribución discreta. Esta distribución representa la frecuencia de los eventos registrados.
- El proceso de filtrado de información y la generación de las distribuciones a partir de los datos históricos es automático, la utilización de hojas electrónicas y programación Visual Basic facilitara este proceso.
- A partir de las dos distribuciones (Severidad y Frecuencia), se procede a simular el modelo obteniendo una distribución de pérdidas totales.
- Una vez definida la distribución de pérdidas se procede a calcular el VaR Operativo, el cual determinará cuanto podrá llegar a perder la Institución Financiera por Riesgo Operacional – Fraude Externo, a cierto nivel de confianza (95%).
- Los subconjuntos de datos considerados pueden ser: Por Agencia, por Área de Negocio y Rangos de Fechas.

El proceso de simulación genera números aleatorios de la siguiente manera:

- ✓ La distribución ajustada de frecuencias será simulada una vez con  $i$  iteraciones, con lo que se obtendrá un rango de  $i$  valores “cantidad de eventos en el período de tiempo definido”. Sean  $n_i$  el valor obtenido durante la simulación en la iteración  $i$ .
- ✓ La distribución ajustada de severidad será simulada una vez con  $i$  iteraciones, con lo que se obtendrá un rango de  $i$  valores “pérdidas en el período de tiempo definido”. Sean  $s_i$  el valor obtenido durante la simulación en la iteración  $i$ .

- ✓ Finalmente, la distribución total de pérdidas en el período de tiempo se aproximará por la distribución obtenida tanto para frecuencia e impacto obtenidos durante la simulación.

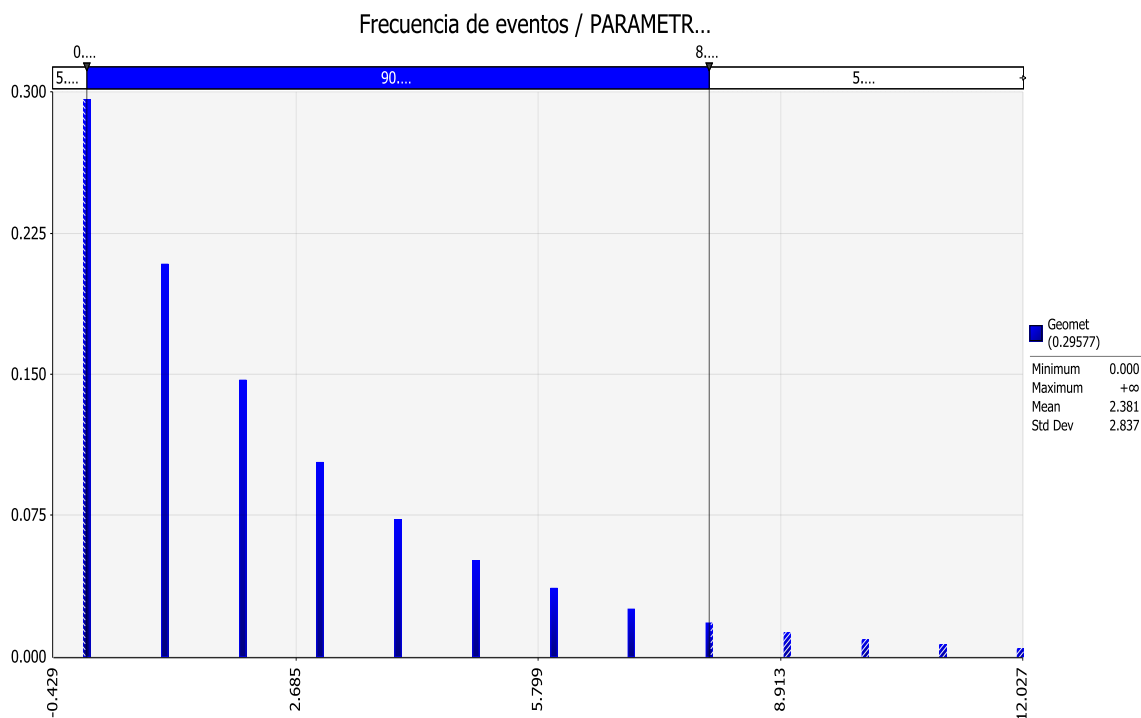
#### 4.6 Resultados Obtenidos del Modelo de Cuantificación de Riesgo Operativo

El objetivo de esta investigación es la construcción de un modelo de cuantificación de riesgo operativo para fraudes externos. El principal elemento son los datos facilitados por una Entidad Financiera. La información está conformada por registro de eventos de frecuencia y severidad de pérdidas. El periodo comprendido de datos va desde el año 2005 al 2011. Para la determinación de la distribución de frecuencia, severidad y pérdida operativa, se utilizó @Risk 5.7.1 donde se generó todas las simulaciones con 100.000 iteraciones. A partir de los datos obtenidos se evidenciaron los siguientes resultados:

##### 4.6.1 Caso de Estudio #1.- Toda la Información

##### 4.6.1.1 Distribución de Frecuencia de Eventos – Todos los Datos Históricos

Gráfico 1



Elaboración: Los Autores

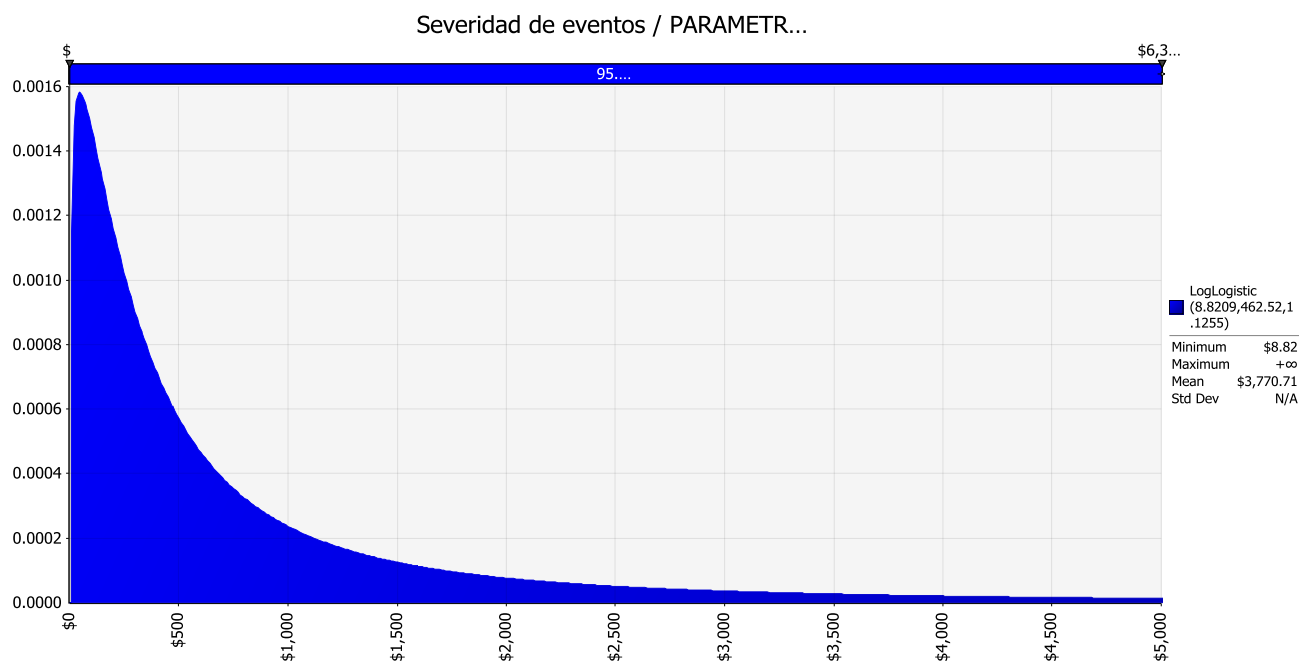
La Distribución de frecuencia permite determinar el rango de frecuencias de los eventos en los que podría incurrir la entidad financiera.



La Distribución de Frecuencia obtenida determina que en un 90% la Entidad Financiera incurrirá entre cero a ocho eventos por mes, presentándose una media de 2.38 eventos por mes, con una desviación estándar de 2.84. El mínimo de eventos que se pueden presentar es cero y el máximo no está determinado pudiendo llegar a ser tanto como  $\infty$ .

#### 4.6.1.2 Distribución de Severidad – Todos los Datos Históricos

Gráfico 2



Elaboración: Los Autores

La Distribución de severidad permite determinar las pérdidas en términos monetarios en los que podría incurrir la entidad financiera.

La Distribución de Severidad obtenida determina que, la probabilidad de que las pérdidas económicas estén entre UDS \$ 0 a USD \$ 6,337 dólares/mes es del 95%. Además existe una probabilidad del 50% que las pérdidas sean mayores a USD \$ 471.34 dólares/mes y otro 50% que las pérdidas varíen entre USD \$ 0 y USD \$ 471.34 dólares/mes.

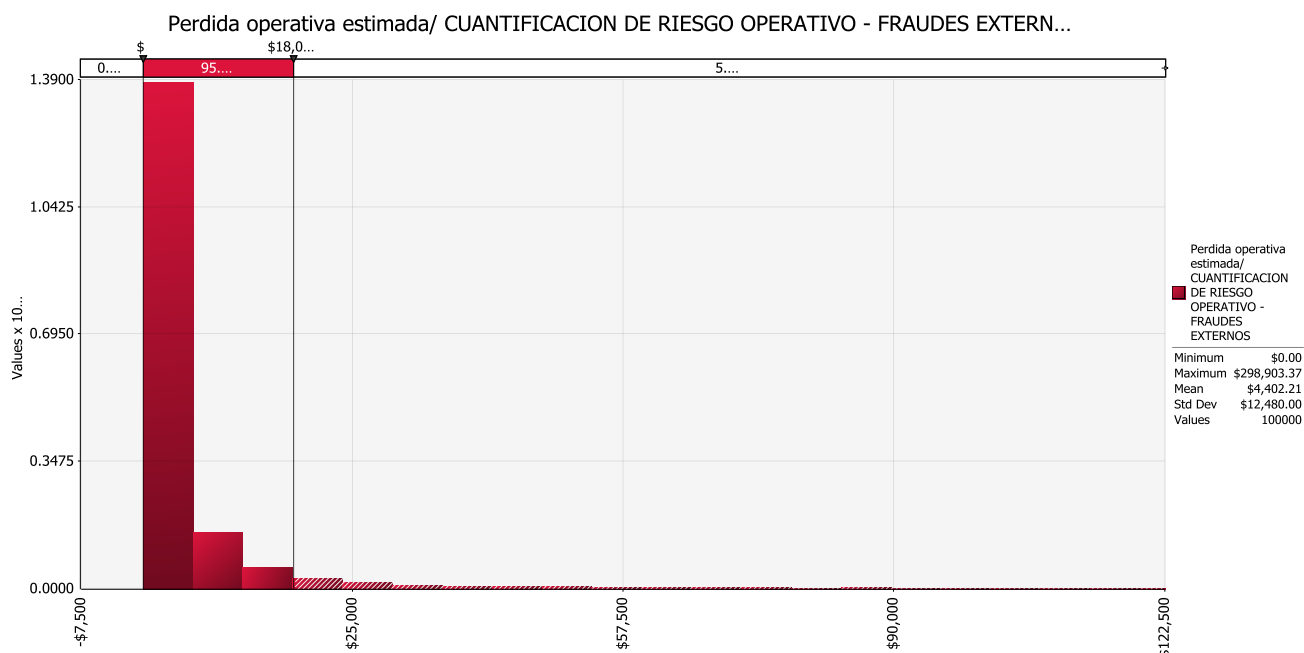
La media de la distribución es USD \$ 3,770.71. Las pérdidas mínimas serán \$0 y las máximas no están determinadas, es decir, podrían llegar a ser tan altas tanto como  $\infty$ .

### 4.6.1.3 Distribución de Pérdida Operativa para la Cuantificación de Riesgo Operativo – Fraudes Externos

Para la determinación de la distribución de pérdidas operacionales – fraude externo, se debe combinar variables aleatorias continuas y discretas; la pérdida agregada es una variable incierta y la relación entre variables es no lineal, razón por la cual se recurre a simulación Montecarlo, considerado, entre los métodos no analíticos, como el más simple y flexible. Dicha metodología implica la fusión de las distribuciones de frecuencia y severidad, para luego generar la distribución de pérdida operativa.

Gráfico 3

Distribución de Perdidas – Todos los Datos Históricos



Elaboración: Los Autores

Tabla 1

Pérdida operativa estimada/ CUANTIFICACION DE RIESGO OPERATIVO - FRAUDES EXTERNOS	
<b>Mínimo</b>	\$0.00
<b>Máximo</b>	\$298,903.37
<b>Median</b>	\$4,402.21
<b>Moda</b>	\$0.00
<b>Mediana</b>	\$853.95
<b>Desviación Estándar</b>	\$12,480.00
<b># Iteraciones</b>	100000
<b>1%</b>	\$0.00
<b>5%</b>	\$0.00
<b>10%</b>	\$0.00
<b>15%</b>	\$0.00
<b>20%</b>	\$0.00
<b>25%</b>	\$0.00
<b>30%</b>	\$23.99
<b>35%</b>	\$176.01
<b>40%</b>	\$354.15
<b>45%</b>	\$574.31
<b>50%</b>	\$853.95
<b>55%</b>	\$1,198.82
<b>60%</b>	\$1,628.24
<b>65%</b>	\$2,171.90
<b>70%</b>	\$2,872.18
<b>75%</b>	\$3,798.37
<b>80%</b>	\$5,097.67
<b>85%</b>	\$6,997.70
<b>90%</b>	\$10,253.62
<b>95%</b>	\$18,016.02
<b>99%</b>	\$57,645.41

Elaboración: Los Autores

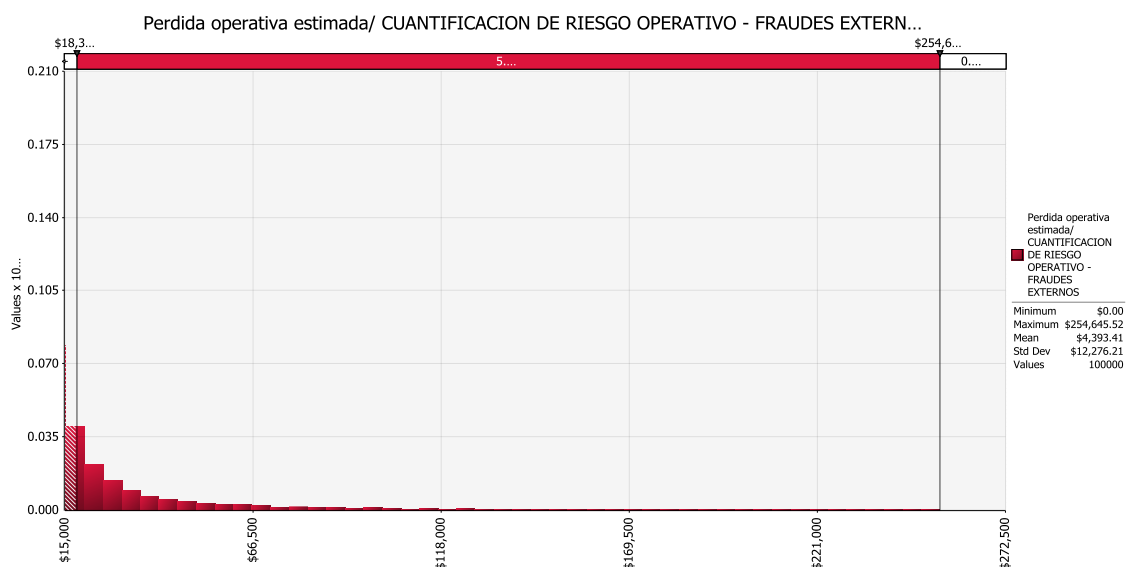
Los resultados obtenidos luego de realizar la Simulación Montecarlo con 100,000 iteraciones, se muestra en el gráfico que antecede.

La Institución Financiera con una probabilidad del 95% puede incurrir en pérdidas de entre USD \$ 0 y USD \$ 18,016.02.

La pérdida operativa mínima de USD \$ 0 y una pérdida máxima de USD \$298,903.37 con una media de USD \$7,148.07 y una desviación estándar de USD \$12,480.00 dólares.

### 4.6.1.4 Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada

Gráfico 4



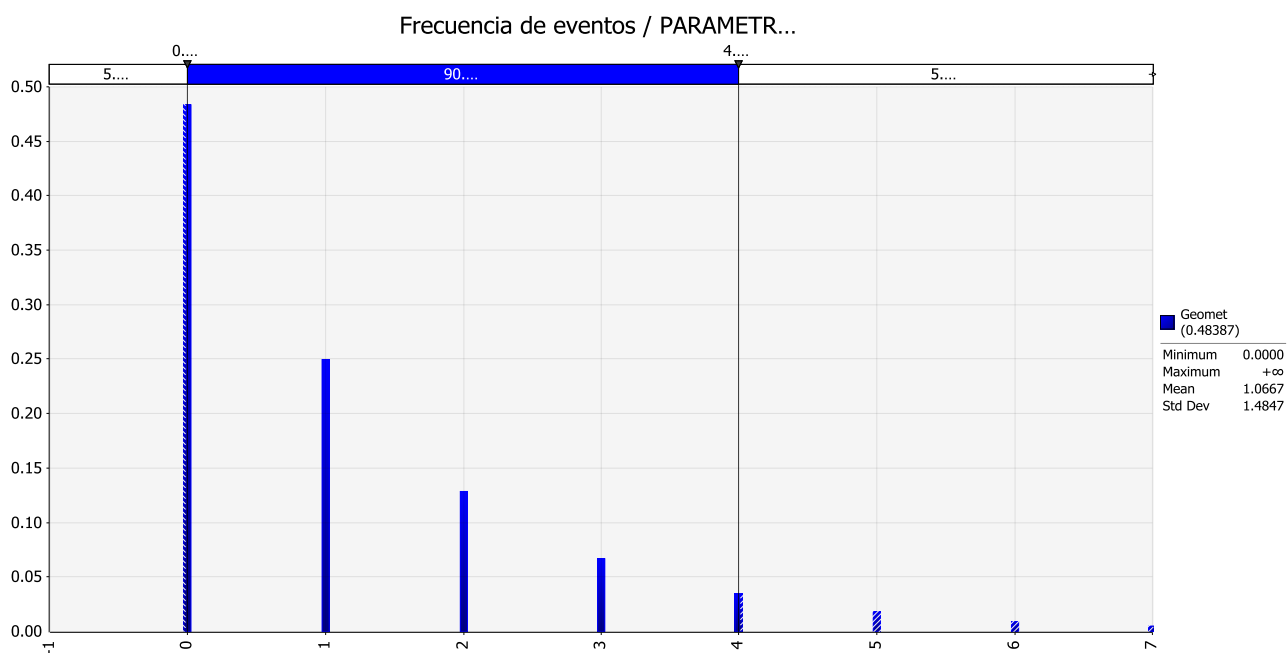
Elaboración: Los Autores

El Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada obtenida determina que, la probabilidad de que la Entidad Financiera incurra en pérdidas mayores a USD \$18,310 es del 5%, con un máximo de USD \$254,545.52 dólares. Estas pérdidas deberán ser cubiertas con Capital de la entidad en caso de presentarse el/los evento/s. La media de la distribución es de USD \$ 4,393.41 y una desviación estándar de USD\$12,276.21.

4.6.2 Caso de Estudio #2.- Por Agencia – Matriz Cuenca

4.6.2.1 Distribución de Frecuencia de Eventos – Agencia Matriz Cuenca

Gráfico 5

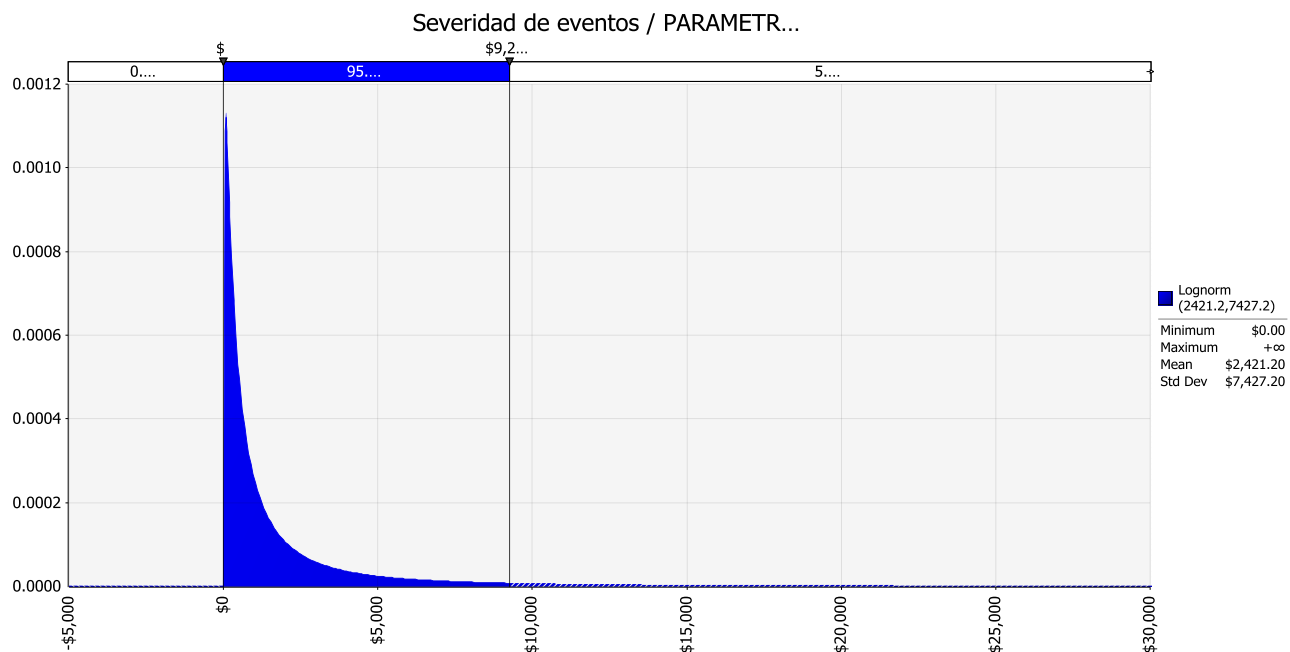


Elaboración: Los autores

La Distribución de Frecuencia obtenida determina que, en un 90% en la Agencia – Matriz Cuenca incurrirá entre cero a cuatro eventos por mes, presentándose una media de 1.066 eventos por mes, con una desviación estándar de 1.48. El mínimo de eventos que se pueden presentar es cero y el máximo no está determinado pudiendo llegar a ser tanto como  $\infty$ .

### 4.6.2.2 Distribución de Severidad – Agencia Matriz Cuenca

Gráfico 6

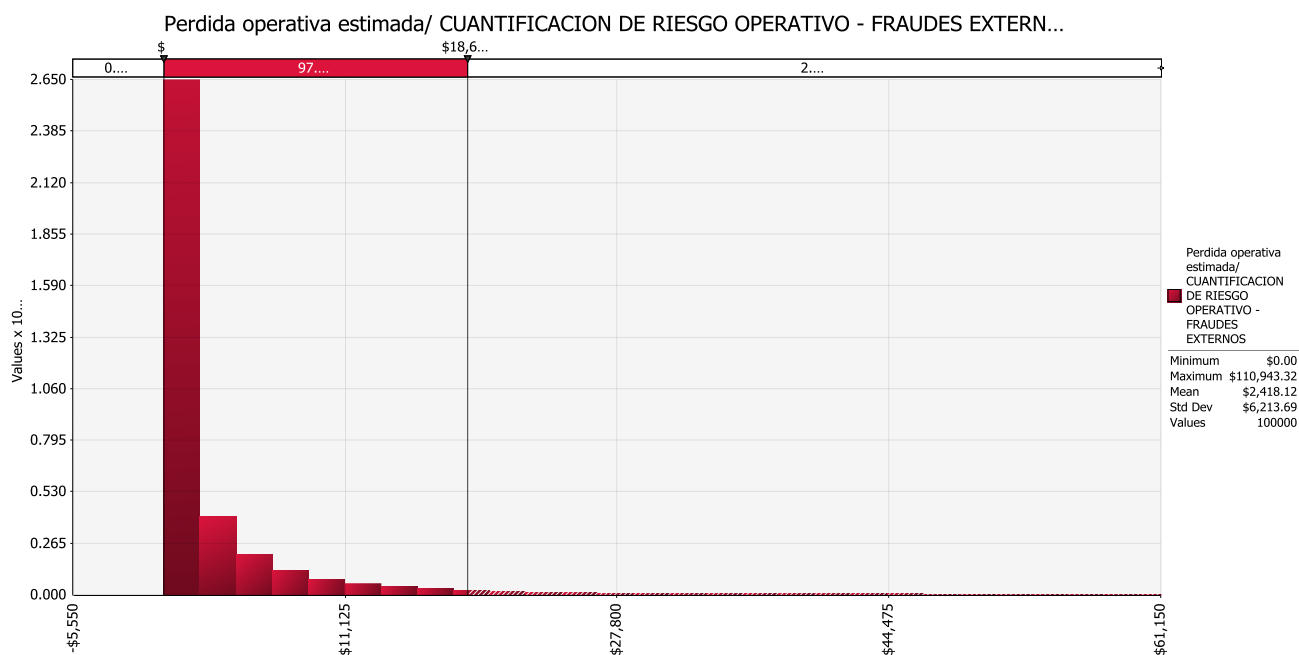


Elaboración: Los autores

La Distribución de Severidad obtenida para la Agencia – Matriz Cuenca determina que, la probabilidad de que las pérdidas económicas estén entre UDS \$ 0 a USD \$ 9,250 dólares/mes es del 95%. La media de la distribución es USD \$2,421.20 y una desviación estándar de USD \$ 7,427.20. Las pérdidas mínimas serán \$0 y las máximas no están determinadas, es decir, podrían llegar a ser tan altas tanto como  $\infty$ .

4.6.2.3 Distribución de Perdidas – Agencia Matriz Cuenca

Gráfico 7



Elaboración: Los autores

Tabla 2

Pérdida operativa estimada/ CUANTIFICACION DE RIESGO OPERATIVO - FRAUDES EXTERNOS	
<b>Mínimo</b>	\$0.00
<b>Máximo</b>	\$110,943.32
<b>Median</b>	\$2,418.12
<b>Moda</b>	\$0.00
<b>Mediana</b>	\$73.36
<b>Desviación Estándar</b>	\$6,213.69
<b>Iteraciones</b>	100000
<b>1%</b>	\$0.00
<b>5%</b>	\$0.00
<b>10%</b>	\$0.00
<b>15%</b>	\$0.00
<b>20%</b>	\$0.00
<b>25%</b>	\$0.00
<b>30%</b>	\$0.00
<b>35%</b>	\$0.00
<b>40%</b>	\$0.00
<b>45%</b>	\$0.00
<b>50%</b>	\$73.36
<b>55%</b>	\$264.46

60%	\$519.58
65%	\$870.79
70%	\$1,356.71
75%	\$2,014.49
80%	\$2,949.84
85%	\$4,373.07
90%	\$6,819.51
95%	\$12,194.40
99%	\$30,656.71

Elaboración: Los autores

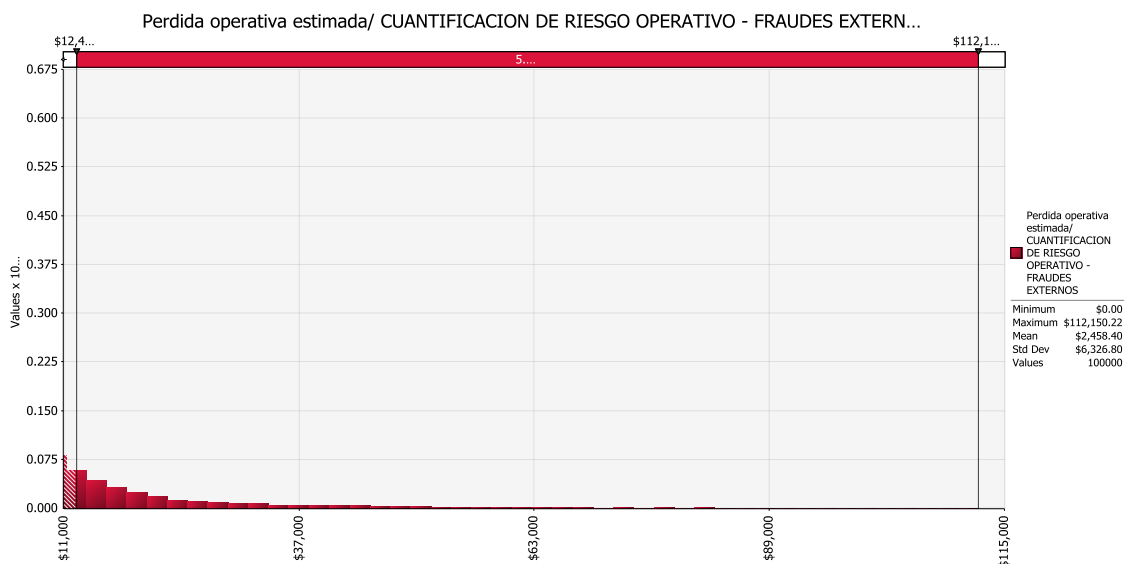
Los resultados obtenidos luego de realizar la Simulación Montecarlo con 100,000 iteraciones, se muestra en el gráfico que antecede.

La Agencia –Matriz Cuenca en un 95% de probabilidad puede incurrir en pérdidas de entre USD \$ 0 y USD \$ 12,194.40.

La pérdida operativa mínima de USD \$ 0 y una pérdida máxima de USD \$ 110,943.32 dólares con una media de USD \$ 2,415.20 y una desviación estándar de USD \$ 5,213.69 dólares.

#### 4.6.2.4 Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada

Gráfico 8





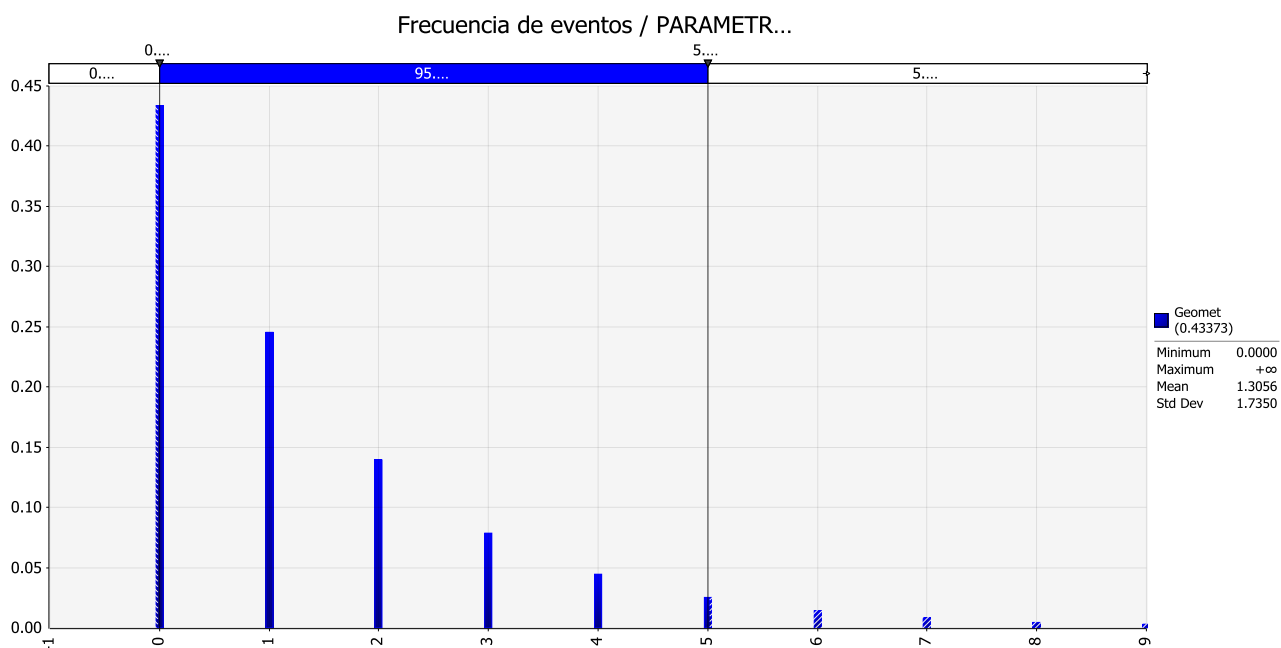
Elaboración: Los autores

El Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada obtenida determina que, la probabilidad de que la Agencia Matriz-Cuenca de la Entidad Financiera incurra en pérdidas mayores a USD \$12,422 es del 5%, con un máximo de USD \$112,150.22 dólares. Las pérdidas deberán ser cubiertas con Capital de la entidad en caso de presentarse el/los evento/s. La media de la distribución es de USD \$ 2,458.40 y una desviación estándar de USD\$8,326.30.

### 4.6.3 Caso de Estudio #3.- Por Área – TC Autorizaciones

#### 4.6.3.1 Distribución de Frecuencia de Eventos – Área TC Autorizaciones

Gráfico 9



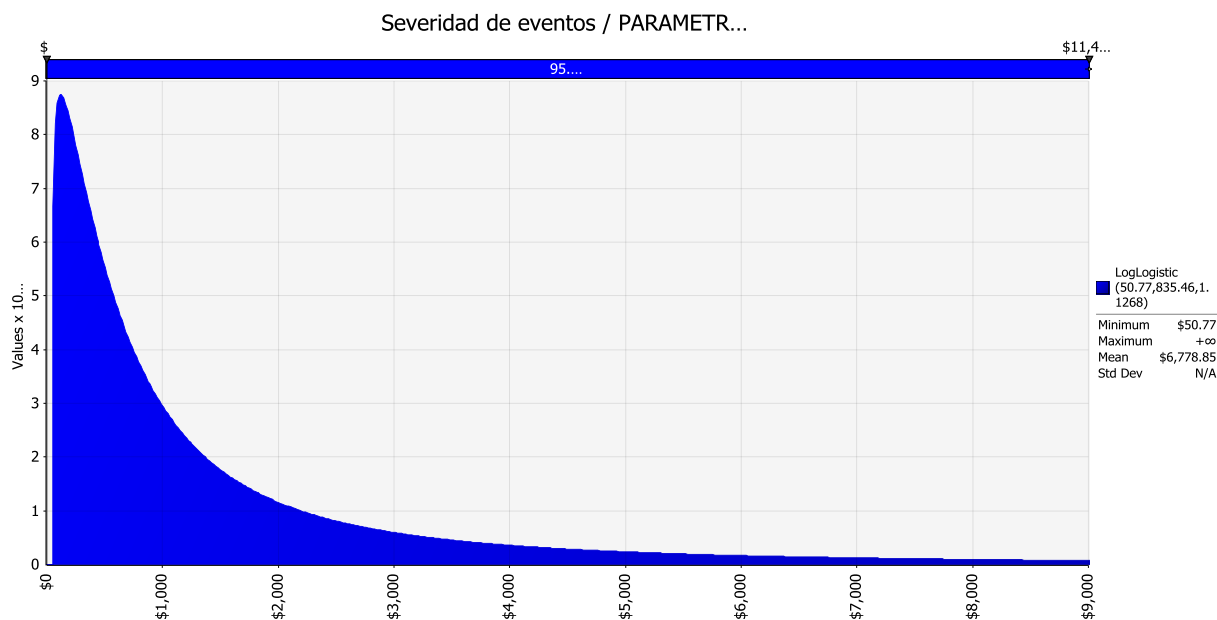
Elaboración: Los autores

La Distribución de Frecuencia obtenida determina que, en un 95% el Área de Tarjetas de Crédito de la Entidad Financiera incurrirá entre cero a cinco eventos por mes, presentándose una media de 1.30 eventos por mes, con una desviación estándar de

1.7350.El mínimo de eventos que se pueden presentar es cero y el máximo no está determinado pudiendo llegar a ser tanto como  $\infty$ .

### 4.6.3.2 Distribución de Severidad – Área TC Autorizaciones

Gráfico 10

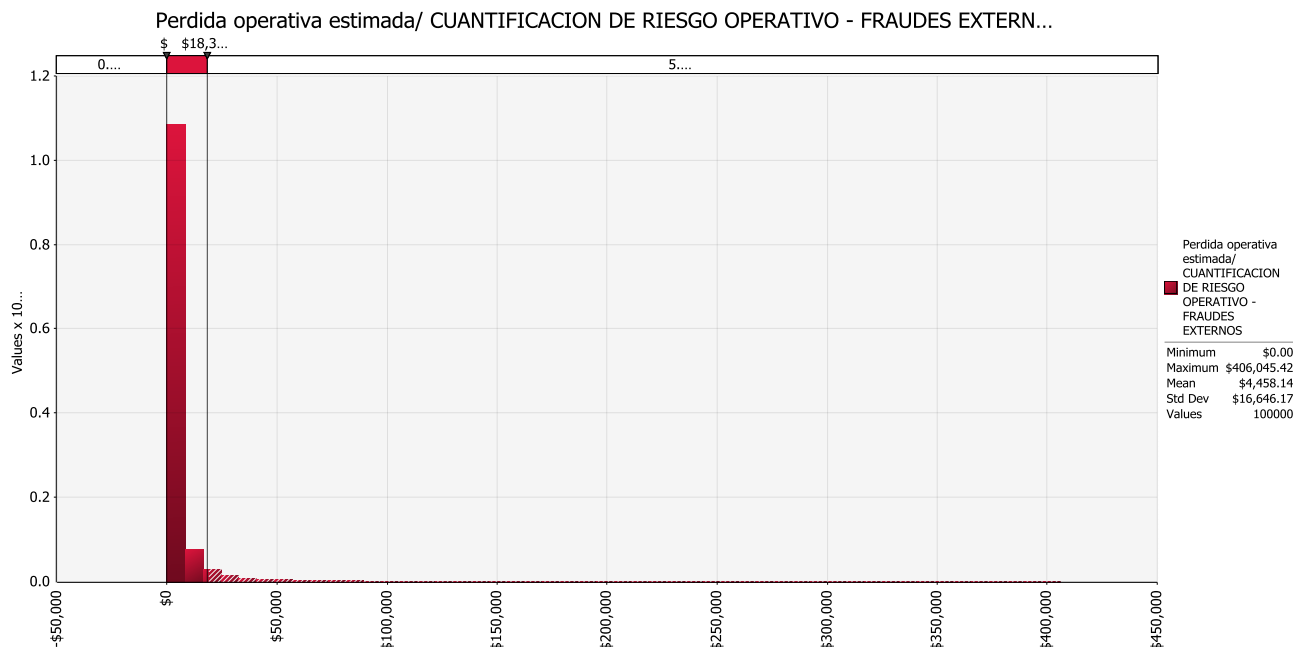


Elaboración: Los autores

La distribución de severidad obtenida para tarjetas de crédito para la Entidad Financiera determina que, la probabilidad de que las pérdidas económicas estén entre UDS \$ 0 a USD \$ 11,447 dólares/mes es del 95%. La media de la distribución es USD \$5,775.55. Las pérdidas mínimas serán \$0 y las máximas no están determinadas, es decir, podrían llegar a ser tan altas tanto como  $\infty$ .

### 4.6.3.3 Distribución de Perdidas – Área TC Autorizaciones

Gráfico 11



Elaboración: Los autores

Tabla 3

Pérdida operativa estimada/ CUANTIFICACION DE RIESGO OPERATIVO - FRAUDES EXTERNOS	
<b>Mínimo</b>	\$0.00
<b>Máximo</b>	\$424,135.42
<b>Median</b>	\$4,417.42
<b>Moda</b>	\$0.00
<b>Mediana</b>	\$369.73
<b>Desviación Estándar</b>	\$16,199.87
<b>Iteraciones</b>	100000
<b>1%</b>	\$0.00
<b>5%</b>	\$0.00
<b>10%</b>	\$0.00
<b>15%</b>	\$0.00
<b>20%</b>	\$0.00
<b>25%</b>	\$0.00
<b>30%</b>	\$0.00
<b>35%</b>	\$0.00

40%	\$0.00
45%	\$132.28
50%	\$369.73
55%	\$665.71
60%	\$1,046.86
65%	\$1,538.95
70%	\$2,180.46
75%	\$3,076.93
80%	\$4,326.12
85%	\$6,278.39
90%	\$9,711.94
95%	\$18,195.94
99%	\$63,850.30

Elaboración: Los autores

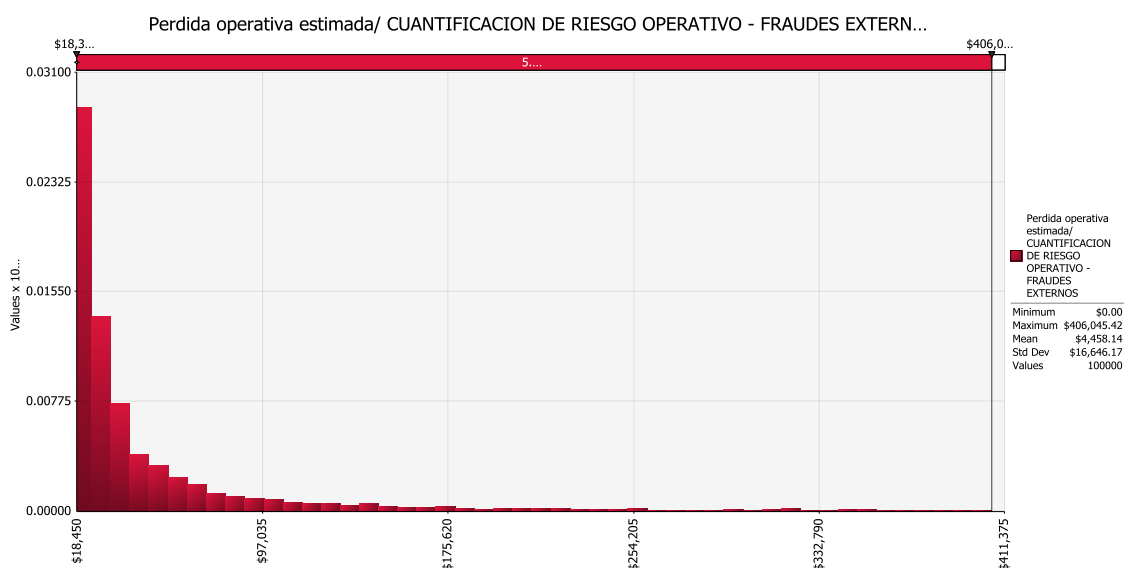
Los resultados obtenidos luego de realizar la Simulación Montecarlo con 100,000 iteraciones, se muestra en el gráfico que antecede.

En el área de tarjetas de crédito la probabilidad de incurrir en pérdidas de entre USD \$ 0 y USD \$ 18,195.94 es del 95%.

La pérdida operativa mínima de USD \$ 0 y una pérdida máxima de USD \$424,135.42 con una media de USD \$4,417.42 y una desviación estándar de USD \$16,199.87 dólares.

#### 4.6.3.4 Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada

Gráfico 12



Elaboración: Los autores

El Cálculo de la Pérdida Máxima Inesperada obtenida determina que, la probabilidad de que el Área Tarjetas de Crédito de la Entidad Financiera incurra en pérdidas mayores a USD \$18,396 es del 5%, con un máximo de USD \$405,045.42 dólares. Estas pérdidas deberán ser cubiertas con Capital de la entidad en caso de presentarse el/los evento/s. La media de la distribución es de USD \$ 4,455.14 y una desviación estándar de USD\$16,646.17.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- El análisis realizado por Basilea II para el requerimiento de capital, ha permitido marcar nuevos parámetros, bajo los cuales las Instituciones Financieras, pueden tener una aplicación eficiente del riesgo operativo.
- La incursión del riesgo operativo dentro de las Instituciones Financieras, crea una cultura de riesgo, con el fin de lograr la implementación adecuada de políticas, procesos y procedimientos que les permitan adoptar métodos y técnicas para administrar y controlar las pérdidas provenientes del mismo, especialmente las pérdidas generadas por riesgo operativo – fraude externo.
- Para realizar la medición cuantitativa de este modelo de riesgo operativo fue necesario contar un método de generación de números aleatorios, en este caso el método es Montecarlo, que es considerado por Basilea como un método de medición avanzada para determinación de la distribución de pérdida.
- La medición cuantitativa de riesgo operativo se basa en el concepto de VaR (Value at Risk), y esto se obtiene mediante las observaciones históricas donde se modela las distribuciones de frecuencia y severidad. Después de la fusión de las misma, se obtiene la distribución de la pérdida esperada, que para el caso de este proyecto la más adecuada es una distribución Geométrica – Pearson.
- Las distribuciones plantean el rango de frecuencias, rango de severidad (recursos monetarios) y con el 95 % de confianza la distribución de pérdidas en la que puede incurrir la Institución Financieras, lo que le permite prever el capital que necesitará en el futuro en caso de presentarse cualquier evento de riesgo.

## **RECOMENDACIONES**

- El área de operaciones de la Institución Financiera debe contar con una matriz de riesgo que le permita desagregar los eventos de riesgo operativo – fraude externos por cada una de las líneas de negocio determinadas de antemano por la entidad o las recomendadas por Basilea II
- El uso de herramientas “Back-Office” y “Front-Office” que permitan registrar de manera óptima la información generada en el día a día de la Institución Financiera además de la información generada por la confirmación escrita de una operación.
- El uso de herramientas de análisis de riesgo es muy importante para la interpretación de la información recogida durante todas las operaciones de la Entidad Financiera.
- Como bien se conoce las fuentes de riesgo operacional incluyen: un inadecuado control de los sistemas y procesos, una inadecuada gestión, una inadecuada comprensión de los riesgos y su gestión, una inadecuada atención en los procedimientos, factores externos (terrorismo, desastres naturales, etc.) por lo cual, la capacitación del personal es esencial para en primera instancia reconocer los problemas potenciales y en segunda instancia saber dar un seguimiento adecuado.
- Los fallos potenciales incluyen: errores o retrasos en el flujo de mensajería, en las transacciones, deficiencias en los sistemas, actividades fraudulentas de los empleados. Todos los sistemas críticos deberían ser seguros, efectivos, escalables y funcionar incluso en situaciones de stress.
- La prioridad una vez reconocidos los riesgos relevantes y repetitivos es el desarrollo de planes de mitigación de los riesgos, con lo cual, se tendrá una base sólida para la creación también de un plan contingencia que abarquen eventuales situaciones de crisis.

## Bibliografía

- [1] Marcelo G. Ruiz. *Modeling, Measuring and Hedging Operational Risk*.
- [2] Árbelaez, Juan Camilo; FRANCO, Luis Ceferino; BETANCUR, César y otros. Riesgo operacional: *Retos actuales de las entidades financieras*. En: Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. 06/01/2006 – 12/01/2006. Medellín – Colombia. Págs. 97 – 110.
- [3] Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Basilea II). Good practices for the management and supervision of operational risk. 02/01/2003. Basilea – Suiza. Pág. 12. <https://www.bis.org>.
- [4] Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Basilea II). Convergencia internacional de medidas y normas de capital. 01/06/2004. Basilea – Suiza. Pág. 228. <https://www.bis.org>.
- [5] Jiménez Rodríguez, Enrique José Y Martín Marín, José Luis. *El nuevo acuerdo de Basilea y la gestión del riesgo operacional*. En: Universia Business Review – actualidad económica. 01/09/2005. Págs. 54 – 67.
- [6] De Lara Haro, Alfonso, 2002<sup>2</sup>, *Medición y Control de Riesgos Financieros*. Edit. Limusa S.A., México.
- [7] Chávez Gudiño José/Núñez Mora José, *Riesgo Operativo: Esquema de Gestión y Modelado del Riesgo, Análisis Económico*. Núm. 58, Vol. 25.
- [8] Codificación de Resoluciones de Superintendencia de Bancos y Seguros y de la Junta Bancaria. <https://www.sbs.gob.ec>.
- [9] Banco de México, 2005<sup>1</sup>. Definiciones Básicas de Riesgo, México D.F. Pág. 3.