



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“VaR: Análisis para inversiones en divisas”**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
OPTIMACIÓN FINANCIERA**

P R E S E N T A:

**NAYELI CASTILLO CARRANCO**



TUTOR:  
**Dr. EDGAR ORTÍZ CALISTO**

2011

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Guillermo Sierra Juárez

Secretario: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

Vocal: Dr. Edgar Ortiz Calisto

1<sup>er</sup>. Suplente: M. en C. Ma. Del Pilar Alonso Reyes

2<sup>do</sup>. Suplente: M. en I. Jorge Luis Silva Haro

Lugar donde se realizó la tesis:

Posgrado de Ingeniería, UNAM.  
México, Distrito Federal.

**TUTOR DE TESIS:**  
Dr. Edgar Ortiz Calisto

---

**FIRMA**

## Agradecimientos

A mi mamá, **Rosy** y a mi papá, **Zenón** por el gran amor y consentimiento, por sus enseñanzas, paciencia y ejemplo, por el esfuerzo de cada día y el gran apoyo brindado para cumplir mis sueños.

A mi hermano **César** por ser mi apoyo y compañero de siempre.

A mis abuelos, **Eliza** y **Chuchín** por el enorme cariño y aliento para continuar, por las grandes enseñanzas y imprescindible compañía.

A mis **tíos** y **tía** por mostrarme lo bello que es convivir.

A **Pepe** por el gran amor, por los sueños concretados, por los días transcurridos, por el apoyo del día a día y porque simplemente juntos somos uno solo.

Al **Dr. Edgar Ortiz**, por apoyarme en la realización de este proyecto, dedicando su valioso tiempo, esfuerzo y en todo momento tener un comentario acertado.

A la **M. en .C. Pilar Alonso**, al **Dr. Guillermo Sierra**, al **Dr. Jesús Hugo Meza** y al **M. en I. Jorge Luis Silva** por su buena disposición y comentarios que sirvieron para mejorar ésta tesis.

Al la **Universidad Nacional Autónoma de México** por albergarme durante tantos años y brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo brindado no solo a mí, sino a miles de estudiantes que desean realizar estudios de posgrado.

Desde luego, a **Dios** que nunca me abandona, me regala cada día y me ha permitido realizar mis sueños...

## Resumen

Los crecientes cambios económicos, han convertido a la administración de riesgos en una de las actividades más importantes entre las instituciones financieras e inversionistas. Es por ello que en el presente trabajo se obtuvieron las combinaciones de 3 portafolios de divisas, para un inversionista hipotético mexicano, a través del enfoque Markowitz en los periodos de estabilidad (2000-2003), pre-crisis (2004-2006) y crisis (2007-2009) con la finalidad de evaluar la eficiencia de los métodos de VaR-Histórico, el VaR-Covarianza y el VaR-Montecarlo en la predicción de pérdidas potenciales. Dicha eficiencia se comprobó a través de pruebas retrospectivas (Backtesting) realizadas a cada método de Valor en Riesgo en los periodos de estudio.

**Palabras clave:** Portafolios de inversión, Divisas, Markowitz, Valor en Riesgo, Backtesting.

## Abstract

The economic changes have made that the risk management becomes in a very important activity between financial institutions and investors. That's why in the present study were made combinations of 3 foreign exchange portfolios for the case of a hypothetical Mexican investor. In this case, The Markowitz approach was used to build the portfolios in periods of stability (2000-2003), pre-crisis (2004-2006) and crisis (2007-2009) and on the other hand, the Value at Risk Theory was used in order to evaluate the efficiency of each the potentials loss models. The models that was evaluated are Historical-VaR, Covariance-VaR and Monte Carlo Prediction-VaR. Additionally, the efficiency was verified through the Backtesting proves that was made to each method of value at risk during periods of study.

**Keywords:** Portfolio investment, Currency, Markowitz, Value at Risk Backtesting.

# ÍNDICE.

<b>Introducción</b> .....	1
Problemática.....	2
Objetivos principales.....	2
Hipótesis.....	2
Justificación .....	3
Estudios Previos .....	3
Contenido .....	4
<b>Capítulo I. Antecedentes. Globalización y riesgos cambiarios.</b> .....	7
1.1. Antecedentes de la globalización.....	7
1.2. Significados y alcances de la globalización .....	9
1.3. Tipo de cambio y efectos de los riesgos cambiarios .....	21
1.4. Algunas crisis mundiales.....	26
1.5. Mercado FOREX.....	30
1.6. Alternativas de inversión en México .....	35
<b>Capítulo II. Marco teórico y metodológico</b> .....	39
2.1. Enfoque Media-Varianza. Teoría de Markowitz. ....	40
2.2. Valor en riesgo (VaR).....	53
2.3. Métodos para medir el VaR.....	54
2.4. Pruebas retrospectivas. Backtesting .....	64
<b>Capítulo III. Resultados</b> .....	68
3.1. Construcción del Portafolio. Enfoque Markowitz .....	68
3.2. Comparativo VaR Histórico, Varianza-Covarianza y Montecarlo .....	77
3.3. Resultados del Backtesting .....	78
<b>Conclusiones</b> .....	86

<b>Bibliografía</b> .....	90
---------------------------	----

<b>Anexos</b> .....	93
---------------------	----

## **ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS.**

1.1. Capitalización de los principales mercados mundiales .....	20
2.1. Curva de Varianza Mínima .....	45
2.2. Zonas del Comité Basilea.....	65
3.1. Frontera eficiente. Periodos 2000-2003,2004-2006,2007-2009 .....	70
3.2.Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2000-2003 .....	72
3.3.Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2004-2006 .....	73
3.4.Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2007-2009 .....	74
3.5.Composición del portafolio de inversión. Periodo 2000-2003 .....	75
3.6.Composición del portafolio de inversión. Periodo 2004-2006 .....	76
3.7.Composición del portafolio de inversión. Periodo 2007-2009 .....	76
3.8. Comparativo del VaR del portafolio 2000-2003 .....	77
3.9. Comparativo del VaR del portafolio 2004-2006 .....	78
4.1. Comparativo del VaR del portafolio 2007-2009 .....	78
4.2. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2000-2003 .....	80
4.3. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2000-2003 .....	80
4.4. Test de proporción de fallas de Kupiec. Periodo 2000-2003 .....	82
4.5. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2004-2006 .....	82
4.6. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2004-2006 .....	83
4.7. Test de proporción de fallas de Kupiec. Periodo 2004-2006.....	84
4.8. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2007-2009 .....	85
4.9. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2007-2009 .....	85

# Introducción

Es evidente que en los últimos años la globalización se ha convertido en una de las vías más importantes para el desarrollo de las economías. Es por ello que las empresas e inversionistas al verse cada vez más y más inmersos en el ámbito global, también se han visto en la necesidad de preocuparse por prevenir pérdidas que pudiesen perjudicar su patrimonio.

Debido a lo anterior, la gestión de riesgos en los mercados financieros se ha vuelto una de las actividades más importantes entre las instituciones e individuos que buscan minimizar y prevenir pérdidas económicas. Básicamente, los riesgos a los que se ven expuestos dichos individuos son el riesgo de mercado, de crédito o solvencia y operacional.

El riesgo de mercado se refiere a la exposición que de forma implícita se asume en posicionamientos adoptados en los mercados financieros que son inherentes a cambios en los valores de activos financieros de renta variable (acciones, índices, derivados sobre éstos, etc).

Por su parte, el riesgo de crédito es la exposición que implícitamente se asume en posiciones adoptadas en los mercados financieros cuya probabilidad de pérdida se deriva de un incumplimiento de la contraparte en algunas de sus obligaciones contractuales. Este tipo de riesgo se establece en función el momento en el que se produzca el incumplimiento y las circunstancias del mismo (riesgo emisor, de liquidación, entrega o contrapartida).

En cuanto al riesgo operacional, éste aborda la exposición que implícitamente se asume en posicionamientos adoptados en los mercados financieros, inherentes a errores humanos o técnicos en la operativa de negociación, contratación y/o liquidación de instrumentos financieros.

## **Problemática**

Tomando en cuenta el contexto anterior, es de vital importancia que los inversionistas y entidades financieras cuenten con herramientas e información necesarias que les permitan dar seguimiento y análisis a los sucesos del mercado para garantizar planes de inversión que les sean redituables, al mismo tiempo que puedan controlar y prevenir pérdidas futuras.

## **Objetivos principales**

-Obtener las pérdidas potenciales de 3 portafolios de inversión diversificados e hipotéticos para el caso de un inversionista mexicano en los periodos de estabilidad (2000-2003), pre-crisis (2004-2006) y crisis (2007-2009) con la finalidad de evaluar la eficiencia de los métodos de Valor en Riesgo utilizados (VaR-Histórico, VaR-Varianza-Covarianza y VaR-Montecarlo), considerando las pérdidas reales.

-Utilizar las herramientas de la Teoría de Portafolios de Markowitz para obtener las combinaciones óptimas de dichos portafolios compuestos por monedas “duras” tales como el dólar, dólar canadiense, libra esterlina y el euro, así como de monedas “suaves” como el real, rublo y yuan.

-Evaluar la conveniencia de la diversificación internacional en inversiones en divisas como herramienta para disminuir el riesgo inherente bajo una selección adecuada de países.

## **Hipótesis**

Parece ser que la metodología más robusta para predecir las pérdidas potenciales en ciertas inversiones es el VaR-Montecarlo ya que sobreestima dichas pérdidas por lo que otorga un mayor margen de error.

## **Justificación**

Es de sumo interés para los inversionistas en general saber cuáles son las mejores metodologías para diversificar un portafolio de inversión y para calcular el Valor en Riesgo pues es vital administrar los riesgos inherentes a la movilidad internacional de los recursos, la diversificación de los productos financieros y la intensificación de la volatilidad a nivel global ya que son factores que pueden incidir positiva o negativamente en su capital.

## **Estudios Previos**

En los últimos años se han desarrollado varios estudios que utilizan el enfoque Media-Varianza de Markowitz como una estrategia para establecer las combinaciones óptimas en ciertas inversiones y también el Valor en Riesgo como método para medir pérdidas potenciales. A continuación se mencionarán las investigaciones previas más relevantes inherentes al tema que se trata en el presente trabajo.

De forma particular, en 1990, López Herrera, realizó un artículo en donde habla acerca del enfoque Markowitz aplicado al Valor en Riesgos para portafolios en divisas, donde a manera introductoria para las personas que desean tener un primer acercamiento a la materia, explica en qué consiste el enfoque de Media-Varianza de Markowitz y realiza un ejemplo de diversificación de portafolio utilizando 3 divisas, al mismo tiempo que aplica el VaR Varianza-Covarianza para calcular una pérdida esperada.

Así mismo, Carbonell y Echavarría en el año 2008 propusieron la estructuración de un portafolio de inversión en las divisas más representativas del Forex, a través del enfoque Markowitz. El resultado de este análisis arrojó que las monedas que proporcionaron los mejores rendimientos fueron 6, entre las cuales se mencionan al euro, la libra esterlina, el real, el peso colombiano, el franco suizo y el peso chileno.

Por su parte, en 2004, Villar Lecube, propuso un modelo de selección de activos, similar al de Markowitz, mediante el cual maximizó los rendimientos esperados de un portafolio sujeto a una restricción tal que la pérdida máxima no superara el límite predeterminado por un gestor; en este caso los instrumentos que se consideraron en dicho estudio fueron instrumentos de deuda del mercado de Madrid.

Adicionalmente, Johnson en 2000 presentó algunos métodos alternativos para evaluar el riesgo de portafolios con múltiples activos. Algunas metodologías que se mencionan, además del Valor en Riesgo, son las de Análisis de Retorno Total, Frontera Eficiente, Teoría de Valores Extremos y Simulaciones Montecarlo.

Finalmente, García y Martínez en 2005 realizaron una propuesta en donde se revisan conceptos de Valor en Riesgo y se analizan de forma crítica los distintos enfoques para medir el VaR por las metodologías Varianza-covarianza, Delta-Gamma, Simulación Histórica y Simulación Montecarlo, complementando el análisis con pruebas de Contraste de Estrés.

En dicho artículo se concluye que cada metodología tiene sus ventajas y que la efectividad de cada método depende de diversas variables, tales como la situación económica a nivel global e incluso el tipo de activos a los cuales se les quiera cuantificar el riesgo. Sin embargo, se hace notar que es de vital importancia complementar los análisis de pérdidas potenciales con pruebas tales como las de estrés pues permitirán una mejor toma de decisiones.

## **Contenido**

La estructura de este trabajo consistirá en otorgar un primer acercamiento al contexto global de las finanzas que se realizará en el capítulo 1, donde se hará una recopilación de aspectos que involucran los alcances y el significado que ha tenido la globalización en el contexto económico y financiero. Así mismo en este capítulo se mencionarán los cambios

más importantes que han acontecido en las finanzas mundiales tales como la desregulación financiera y las crisis mundiales.

Por otra parte también se hablará a cerca de los principales mercados mundiales, las alternativas de inversión en México, el funcionamiento y riesgos del mercado FOREX (mercado de divisas) y su importancia en la economía global.

En el capítulo dos se abordarán los temas referentes al marco teórico y metodológico que permitirán desarrollar los cálculos inherentes a este estudio. Se comenzará mencionando la parte correspondiente a la construcción de la frontera eficiente de Markowitz, metodología que permitirá la elección de los portafolios óptimos de acuerdo a un nivel de rendimiento y perfil de riesgo del inversionista.

Posteriormente se procederá a estudiar los fundamentos de las distintas metodologías de Valor en Riesgo así como sus ventajas y desventajas al momento de utilizarse en la práctica. Para complementar y dar solidez de la teoría del VaR, se reservó una parte para explicar la teoría alrededor de una prueba retrospectiva de los modelos llamada “prueba de proporciones de Kupiec”, que permitirá evaluar la eficiencia de los modelos a la hora de aplicarlos a nuestros datos de estudio.

Los resultados de esta tesis se mostrarán en el capítulo tres en forma ordenada, comenzando por analizar cuáles fueron las fronteras eficientes que fue posible construir dadas las series de tipo de cambio en cada uno de los periodos de estudio, así como cuáles fueron las proporciones de los portafolios elegidos en base a un rendimiento deseado.

Se mostrarán también, las composiciones de cada portafolio dada una inversión inicial de \$2,000,000 por periodo haciendo un breve análisis sobre los pesos individuales de cada portafolio.

Una vez elegidas las proporciones de inversión, se realizarán comparaciones entre cada una de las metodologías implementadas del VaR que permitan identificar qué métodos

fueron los más robustos y captaron mejor las pérdidas potenciales dados los datos en cada periodo de análisis. Para complementar dichos resultados, se muestra a través de la aplicación de pruebas de hipótesis, cuales modelos y en que periodos fueron los más eficientes, es decir se indicará si el método falló o fue adecuado y se aproximó a las pérdidas económicas reales.

Por último, se presentan las conclusiones del estudio realizado para cada portafolio y cada periodo, así como algunas recomendaciones para la realización de estudios futuros basados en el análisis e información generados en este trabajo.

# Capítulo I. Antecedentes. Globalización y riesgos cambiarios.

La globalización ha sido un proceso económico, tecnológico, social y cultural a gran escala, que ha propiciado la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo unificando sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global (Calvo, 2004).

Este fenómeno es a menudo identificado como un proceso dinámico producido principalmente por las sociedades que viven bajo los sistemas capitalistas<sup>1</sup> y que a su vez han experimentado la evolución tecnológica, un nivel considerable de liberalización y democratización en su cultura política, en su ordenamiento jurídico y económico nacional, así como en sus relaciones internacionales.

El origen de este proceso tuvo lugar en los países occidentales y se ha expandido alrededor del mundo en las últimas décadas (segunda mitad del siglo XX), impactando las economías mundiales tanto en formas positivas como negativas.

## **1.1. Antecedentes de la globalización**

La Globalización en esencia, no es un proceso nuevo pues ha estado presente a lo largo de la historia. Sin embargo, se considera que el momento histórico que marcó una pauta importante, fue el fin de la segunda guerra mundial, pues las diferencias de dos sistemas económicos opuestos en ideologías y prácticas económicas, el capitalismo y socialismo,

---

<sup>1</sup> Desde el punto de vista de las democracias liberales, es el sistema económico donde la distribución, la producción y los precios de los bienes y servicios son determinados por alguna forma de libre mercado.

propiciaron un enfrentamiento ideológico-económico-militar llamado “Guerra Fría” que fue encabezado por Estados Unidos de Norteamérica y la Ex Unión Soviética (Ortiz, 2009).

Estados Unidos surgió como la primera potencia mundial y se restablecieron las relaciones económicas internacionales, cuya finalidad era facilitar la reconstrucción de las economías de la posguerra al mismo tiempo que se desarrollaba el sistema de cambios pactado en los acuerdos de Bretton Woods en 1944.

Este sistema buscaba crear un clima de estabilidad cambiaria que permitiera un paulatino crecimiento del comercio internacional y de las operaciones financieras internacionales, pues en esta conferencia surgió el sistema de cambios fijos ajustables, donde todas las monedas establecían una relación dada con el dólar, y éste a su vez lo tenía con el oro.

El desarrollo y supervisión de este sistema se encargó básicamente a dos agencias internacionales: el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM). A quienes lamentablemente, no se les proporcionó la capacidad de generar liquidez en cantidades suficientes, sino que el papel lo asumió la Reserva Federal de Estados Unidos. De esta manera surgió el sistema financiero internacional fundamentado con el acuerdo de Bretton Woods.

Estados Unidos fue el único país capaz de fijar el precio de su moneda en términos de oro, mientras que los demás países lo hicieron en términos del dólar. De esta forma el dólar reemplazó al oro y su valor dependió de las reservas de oro acumuladas por dicho país, constituyéndose el dólar en la fuente de liquidez internacional, por lo que su oferta quedaba determinada por la posición de la balanza de pagos estadounidense.

Al ser Estados Unidos el encabezador del sistema, comenzó a gastar en sobremanera proporcionando ayuda extranjera, inversiones privadas y gastos militares, lo cual provocó

que su balanza comercial se tornara deficitaria y como consecuencia las reservas de oro en Estados Unidos se redujeron.

De forma eventual, los dólares que habían sido acumulados en las arcas de los bancos centrales de Europa y Japón, no pudieron ser respaldados por el oro de la Reserva Federal, por lo que en Agosto de 1971 la relación entre el dólar y el oro dejó de ser posible.

Después del abandono del Sistema Bretton Woods en 1971, hubo algunos intentos de establecer algún nuevo sistema de paridades fijas, como el mecanismo europeo de tipos de cambio (Exchange Rate Mechanism, ERM), sin resultado significativo (Girón, 2005).

De forma eventual se aceptó un ordenamiento de tipos de cambio fluctuantes, donde, el dólar se desempeñó como moneda dominante. Este nuevo ordenamiento aumentó la variabilidad de los tipos de cambio que han conllevado a la apertura de oportunidades de apostar y generar ganancias sobre los incesantes movimientos de las distintas monedas.

En 1973, no mucho tiempo después de que el sistema de Bretton Woods fuese abandonado, el comercio mundial de divisas fluctuaba entre 10 000 y 20 000 millones de dólares diarios. A partir de ese año los principales países industrializados de forma paulatina comenzaron a abolir todas las restricciones a los movimientos internacionales de capital, es decir, a desregular la cuenta de capital de la balanza de pagos (Girón, 2005).

## **1.2. Significados y alcances de la globalización**

De acuerdo con Ortiz (2009), la globalización es una nueva fase evolutiva del desarrollo económico mundial en la cual una ampliación en la actividad económica ha sido posible como resultado de la liberalización y desregulación de los mercados. Se le asocian algunos atributos.

- A causa de los múltiples estudios, algunas empresas y actores de la política y economía mundial, han optado por promover y tomar decisiones que aminoren problemas de la desigualdad y pobreza, así como los problemas del medio ambiente; lo que ha enfatizado la ética empresarial.
- Al mismo tiempo, para combatir algunos resultados negativos de la globalización, a su vez ha ocurrido un proceso de “desglobalización” en el que, se ha promovido la regionalización, el fortalecimiento del estado y su intervención en la economía, el fortalecimiento de instituciones con orientación social, la agenda social, cierta ética empresarial, y el énfasis en la economía y gobierno locales. Algunos autores identifican a este proceso como uno de post-globalización debido a los importantes cambios en los equilibrios geoeconómicos y geopolíticos mundiales, como la debilitación de la economía de Estados Unidos, la pérdida de valor del dólar, la mayor importancia económica y política de la Unión Europea y la creciente importancia económica y política de los países del grupo BRIC – Brasil, Rusia, India y China, que incluye tres países en vías de desarrollo y cuya oferta y demanda de bienes y servicios se han convertido en trascendentales para la economía mundial.

### ***Globalización económica***

Desde el punto de vista económico, la globalización, se ha caracterizado por la integración de las economías locales a una economía de mercado mundial donde el uso de tecnologías y los movimientos de capital han cobrado mayor importancia particularmente en el rol de las empresas multinacionales y la libre circulación de capitales junto con la implantación definitiva de la sociedad de consumo.

De acuerdo con Cabello (1999), la globalización económica es un proceso que comprende la internacionalización e integración económicas, lo que se refleja en un mayor volumen de actividad económica en todo el mundo, y también en una mayor interdependencia económica y política entre todas las naciones.

En el sentido macroeconómico, se refiere a la internacionalización del comercio, las inversiones y al hecho de que hoy en día los países tienden a conformarse en bloques como opción para fortalecerse como organismos económicos y financieros internacionales.

El significado que adopta en lo microeconómico es hacia la adopción de estrategias comerciales, de mercadotecnia, administrativas y de financiamiento globales. Esto es, el proceso de producción se globaliza bajo un nuevo esquema de “fábrica mundial”. Así mismo, la penetración a los mercados sigue estrategias globales, de manera tal que se exige que las empresas den respuestas a sus necesidades con base en estrategias elaboradas. Por tanto el significado microeconómico de la globalización económica se refiere a que cada empresa diseñe estrategias de producción, desarrollo tecnológico, mercadotecnia y finanzas considerando no solo el mercado local, sino el mercado regional del bloque al que pertenece e idealmente al mercado mundial.

En este contexto, los países desarrollados han desarrollado mayores ventajas respecto a los países en vías de desarrollo, ya que estos se enfrentan a un reto mayor. El primero de ellos radica en que deben sentar las bases para aliviar rezagos económicos debidos a la crisis de la deuda de la década de los 80's, el segundo se refiere a buscar opciones de recuperación económica sostenida y esquemas apropiados de inserción en el contexto globalizador en el nuevo orden mundial emergente.

La globalización de fin de siglo, así como la del presente siglo, también significa la eliminación de barreras e imperfecciones de los mercados (Correa, 1998). Esto quiere decir la adopción de políticas públicas de liberación y apertura económica, así como la promoción de la eficiencia empresarial y la competencia en los mercados. Esto significa, de acuerdo con Cabello (1999), que los países deben adoptar modelos de desarrollo orientados “hacia afuera”, dando énfasis a las exportaciones, apoyados en mecanismos del mercado y teniendo como eje de la actividad económica la iniciativa privada.

Particularmente en los países en vías de desarrollo es imperativo dejar atrás estructuras que propiciaron el subdesarrollo. Para cumplir con este objetivo, los gobiernos de los países en vías de desarrollo han tenido dos opciones: la primera, desarrollar estrategias de inserción que fortalecieran sus proyectos nacionales; o en otro caso desarrollar estrategias de inserción, que a la vez, debilitaran sus proyectos nacionales e incluso su soberanía.

### ***Globalización financiera***

En cuanto a la globalización llamada financiera, se identifican aspectos relevantes como lo son la internacionalización y la integración de los mercados, que han permitido un mayor enlace y participación en los mercados financieros internacionales, es decir es la generación de una estructura de mercado caracterizada por el comercio de capitales a nivel mundial por parte de agentes que consideran las actividades financieras nacionales e internacionales como parte integral de su actividad y que ha representado una mayor diversificación y expansión de las fuentes y usos globales financieros (BMV, 1992). En otras palabras, se redefine la intermediación financiera, pues ésta deja de concretarse en un ámbito nacional y se extiende hacia el sistema financiero internacional.

Este proceso ha sido reforzado en el mundo entero mediante disposiciones de reformas financieras profundas de cada país como son revisión de la estructura y del marco regulatorio de los sistemas financieros, tomando como propósito la liberalización financiera (apertura a flujos financieros internacionales, desarrollo de mercados financieros nacionales teniendo como eje la iniciativa privada y el mercado).

Así mismo, dentro de la globalización financiera juega un papel importante la innovación financiera, es decir el surgimiento de nuevos instrumentos que ofrecen variadas oportunidades de inversión-ahorro, lo que implica, para los inversionistas nacionales y extranjeros, contar con instrumentos más ágiles para movilizar el capital en todo el mundo. En este sentido, cabe destacar que se crearon nuevas formas de activos financieros y se desarrollaron los instrumentos de derivados (futuros, opciones, swaps y

finalmente los productos estructurados), que han favorecido el surgimiento de una gran diversidad de modalidades de cobertura, arbitraje e inversión.

Debido a lo anterior, se originaron mayores oportunidades para lograr la “maximización del valor” de las instituciones intermediarias financieras y la de sus clientes en el manejo de carteras o portafolios de inversión. En relación con estas tendencias se afirma que los intermediarios financieros adquirieron libertad para movilizar el capital a cualquier parte del mundo de forma casi instantánea.

Pero dichas oportunidades no solo han permitido el desarrollo de instituciones financieras sino también han tenido gran impacto en el crecimiento empresarial pues las empresas han encontrado en los mercados diversas alternativas para fomentar la inversión, el crecimiento e internacionalización de sus servicios, así como la modernización y la eficiencia de sus procesos. No obstante, cabe resaltar que esta estructura financiera internacional también ha significado la implicación del riesgo financiero.

### ***Los cambios en las finanzas mundiales***

La globalización surgió como una tendencia y como una forma de llevar a cabo los negocios internacionales y conducir las relaciones económicas; su centro y eje de funcionalización han sido los mercados e instituciones financieras y las empresas multinacionales (Lessard, 1991).

Un cambio notorio propiciado por la globalización financiera, es la creciente importancia de los mercados de valores; en particular del mercado de capitales ya que los intermediarios financieros bursátiles ofrecen servicios globales en respuesta a la creciente inversión internacional de cartera inducida por la liberalización y la desregulación financieras adoptadas por los gobiernos de muchos países.

De acuerdo con Ortiz (2009), el proceso de la globalización financiera puede dividirse en tres etapas, las cuales no necesariamente son excluyentes y que a su vez, reconocen

diferentes niveles en los cuales se han profundizado, ampliado e innovado los servicios financieros a nivel internacional.

La primera etapa corresponde a la globalización de los servicios bancarios, cuyos orígenes se remontan al término de la Segunda Guerra Mundial pues se inició un proceso de internacionalización de la producción ya que las empresas multinacionales (EMN) comenzaron a expandir sus actividades en los países desarrollados, razón por la cual se incrementaron las actividades económicas y surgió la necesidad de generar sofisticados servicios bancarios tanto para apoyar el comercio internacional como el financiamiento de las empresas multinacionales, lo cual dio lugar a la globalización de los servicios bancarios a través del establecimiento de subsidiarios, sucursales, off-shore centers, etc.

La segunda etapa que se reconoce es la referente al crecimiento e internacionalización de los intermediarios no bancarios, y paraísos fiscales, cuyo auge fue en la década de los años 60's y 70's (los fondos de pensiones, fondos mutualistas, aseguradoras, afianzadoras, otras instituciones auxiliares de crédito y los paraísos fiscales corresponden a esta etapa de la globalización).

La última etapa se refiere a la bursatilización de los servicios financieros (fines de la década de 1970), pues gracias a la movilización del ahorro internacional y el financiamiento empresarial se crearon nuevas e innovadoras formas de titulación como los títulos derivados y sus mercados, que han dado pie a buenas oportunidades de cobertura, inversión y arbitraje para los inversionistas, y de financiamiento, cobertura, e ingeniería financiera para las empresas.

Es así que en esta última etapa se ha dado lugar a la prestación de servicios financieros integrales y que se adapten de los clientes. Así mismo, se ha propiciado la aparición de nuevos actores en las finanzas internacionales o han incrementado la importancia de los ya existentes, como lo son los inversionistas institucionales que han participado de forma importante en las últimas dos décadas ya que una gran parte de los recursos, se canalizan para la inversión a través de los mismos debido al crecimiento y formalización de los

sistemas de ahorro común y de jubilación. También debe añadirse la participación de las instituciones bancarias y las de seguros, y en menor grado otros tipos de instituciones financieras y no financieras, incluyendo el sector empresarial que hace uso de dichos mercados no sólo para optimizar su financiamiento, sino también para manejar su liquidez, realizar inversiones, realizar operaciones de cobertura del riesgo, etc.

### ***Desregulación y globalización financiera***

Los analistas financieros identifican cuatro razones que indujeron la globalización de los servicios financieros (Pardee, 1990):

1. El gran crecimiento del comercio y las inversiones internacionales (que se considera como la más importante).
2. La creación de sucursales de bancos comerciales en centros financieros de América, Europa, Medio Oriente y Asia.
3. La liberalización de fondos entre países.
4. Las nuevas tecnologías de comunicación y manejo de la información.

Por ello puede decirse que en la globalización financiera han incidido factores de carácter macroeconómico, tecnológicos, institucionales y de innovación financiera.

Dentro los factores macroeconómicos deben mencionarse la rápida expansión del comercio y las inversiones internacionales directas e indirectas. Lo que indujo a las empresas multinacionales a tomar ventaja de las diferencias en los precios entre distintos mercados, esto es, producir con la mejor combinación de factores de producción, es decir, globalizar su producción (Cabello, 1999).

Igualmente, se fomentó la internacionalización de las finanzas en dos etapas, de la banca en la década de los 60's, y la de los mercados de dinero y capital desde fines de la de 1970, en proceso de consolidación en la relación con los países desarrollados. Donde de esta última cabe destacar, que la inversión de portafolios asumió gran importancia, ya que los países en vías de desarrollo comenzaron a integrarse.

Entre los factores tecnológicos que han propiciado la globalización financiera se encuentran, los grandes avances en las telecomunicaciones satelitales, en la informática y los sistemas automatizados de control. Como resultado de estos avances tecnológicos, la gran mayoría operaciones financieras en la actualidad se realizan las 24 horas del día, lo que indica que los mercados son más integrados gracias al avance tecnológico en la informática, las telecomunicaciones y la electrónica, por lo que se ha hecho posible que los diversos instrumentos financieros se puedan comercializar sin interrupción y se conozcan sus resultados simultáneamente en varias partes del mundo; de esta manera, la difusión de la información se favorece y contribuye a llevar a cabo un arbitraje más perfeccionado entre los mercados, así como a reducir los diferenciales de los rendimientos de activos financieros denominados en diferentes monedas.

En cuanto a la desregulación de los mercados financieros, se ha perseguido la eliminación de la excesiva regulación.

Entre las medidas que se tomaron para lograr lo anterior, se encuentran la libre entrada y salida de inversiones de cartera, la liberalización de los tipos de cambio, de las tasas de interés, la desregulación de las restricciones a la competencia, lo que quiere decir que se ha otorgado el consentimiento de que intermediarios financieros se instalen y operen en los mercados locales o que se creen nuevos intermediarios nacionales, y finalmente, la menor supervisión de instituciones financieras, suponiendo que el mercado y sus propias normas las autoregularán. Por ello se ha dado paso a la supervisión preventiva. Estas prácticas se han extendido en todo el mundo y la desregulación ha contribuido a acelerar el proceso de globalización financiera siendo un aspecto importante la eliminación de barreras de inversión internacional y restricciones de adquisición de títulos a los inversionistas extranjeros.

### ***Importancia de la globalización***

La magnitud e importancia de los procesos de globalización pueden apreciarse examinando el crecimiento del comercio, las inversiones y su impacto en las economías mundiales (Ianni, 1996).

En este sentido, se puede decir entonces, que el financiamiento empresarial y las inversiones de portafolio, han captado recursos para las inversiones empresariales, y por ello han fomentado la movilización de recursos con el fin de captar mayores rendimientos en los mercados internacionales, creando así oportunidades para captar el ahorro internacional. Pero no hay que perder de vista que así mismo este fenómeno ha traído consigo riesgos de desestabilización de los mercados locales principalmente países que son susceptibles a ser afectados por repentinas salidas de capitales<sup>2</sup>.

La globalización ha propiciado el surgimiento de prácticas financieras innovadoras que se llevan a cabo en los mercados bursátiles globales, pues múltiples formas de titulación y contratación financiera han surgido y en la actualidad se ofrecen en los mercados financieros como alternativas de ahorro, créditos, inversiones, manejo de riesgos, etc. Estos diferentes instrumentos responden a diferentes necesidades de liquidez, plazos, rendimientos y riesgos.

Los instrumentos que se han desarrollado para estos fines, son los instrumentos derivados como futuros, swaps, opciones y contratos adelantados, que tienen como finalidad ajustarse al perfil de riesgo que cada empresa o portafolio desee adquirir. Cabe mencionar que se han creado combinaciones de instrumentos derivados llamados "exóticos" que además de utilizarse para motivos de cobertura de riesgos, también permiten ampliar los

---

<sup>2</sup> Esta ha sido la situación de crecimiento explosivo y caída brusca de varios mercados de valores "emergentes", y muy en particular en el caso de México de la Bolsa Mexicana de Valores, cuyos mercados de dinero y capital constituyeron mecanismos importantes del auge y crisis recientes de la economía mexicana; que repercutió a su vez en algunos de los mercados financieros de otros países en vías de desarrollo (Ortiz, 2009).

portafolios de inversión otorgando nuevas alternativas para maximizar su valuación o construcción de portafolios que proporcionen mayores rendimientos a menores riesgos.

### ***Principales mercados mundiales***

Todos los cambios que se han mencionado hasta ahora, han dado lugar a la prestación de servicios financieros integrales y también han propiciado el apareamiento de nuevos actores de las finanzas internacionales. En este sentido, debe resaltarse a los inversionistas institucionales en valores que siempre han tenido una importante participación en los mercados de dinero y capital, la cual ha incrementado debido a que en la actualidad una gran cantidad de recursos provenientes de los sistemas de ahorro y jubilación es canalizada para la inversión. Es por ello que los fondos mutualistas y los fondos de pensiones forman parte de los principales participantes en los mercados de valores.

A estos debe añadirse la no menos importante participación de las instituciones bancarias, las de seguros, otros tipos de instituciones financieras y no financieras, que incluyen al sector empresarial que hace uso de dichos mercados tanto para optimizar el financiamiento como para manejar su liquidez, realizar inversiones, operaciones de cobertura de riesgos, entre otras.

Las principales bolsas del mundo globalizado se pueden observar en el cuadro 1.1 en términos de sus niveles de capitalización.

En primer lugar, se observa que el mercado más importante es el NYSE Euronext con US\$ 11310,680 billones de dólares en el año 2008. Este mercado fue resultado de una fusión de los mercados de Ámsterdam, París y Bruselas en el año 2000, así mismo expandió sus operaciones en 2002 adquiriendo el mercado LIFFE (London International Financial Futures and Options Exchange), se fusionó en el mercado de valores de Lisboa y en 2005 adquirió una posición mayoritaria en MTS (mercado líder electrónico institucional al por

mayor de títulos de renta fija), adquisición que se realizó mediante MSE Holding, una inversión conjunta entre Euronext y la Bolsa italiana de Valores. Finalmente en Mayo de 2007 el New York Stock Exchange Group (fusión entre el NYSE y ARCA, líder bursátil electrónico a su vez fusionante de otros mercados como el Pacific Stock Exchange) adquirió por 10.2 billones de dólares al Euronext. Así pues, al concretarse esta adquisición el NYSE Group se convirtió en el grupo bursátil más grande del mundo.

El mercado que ocupa el segundo lugar en cuanto a grado de capitalización es el Tokyo SE Group, que representa aproximadamente una tercera parte del NYSE Euronext (US) y casi una cuarta parte del NYSE Euronext (US y Europa).

El tercer mercado más fuerte es el NASDAQ que por su parte representa un poco más de la cuarta parte del mercado NYSE Euronext (US).

En cuanto al mercado mexicano se puede apreciar que la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) (que se inauguró en 1908 bajo el nombre de Bolsa de Valores de México, SCL y posteriormente en 1933 al promulgarse la Ley Reglamentaria de Bolsas, se constituye como la Bolsa de Valores de México, S.A., supervisada por la Comisión Nacional de Valores (hoy Comisión Nacional Bancaria y de Valores)), ocupa el quinto lugar en el continente Americano y representa más o menos el 2.54% del mercado NYSE Euronext (US). Cabe mencionar que el mercado mexicano se encuentra en constante crecimiento ya que en la actualidad realiza oferta accionaria de empresas mexicanas en mercados extranjeros a través del sistema SIC (Sistema Internacional de Cotizaciones).

Por último y de manera más general se observa que el continente líder en cuanto a grado de capitalización se refiere, es el Americano con US\$ 13, 896,278.3 billones de dólares, seguido del continente Europeo con US\$ 9,443,561.2 billones de dólares y del continente Asiático con US\$ 9,211,593.4.

**Cuadro 1.1. Capitalización de los principales mercados mundiales.**

Mercado	2008 (millones de dólares)
---------	-------------------------------

<b>América</b>	
NYSE Euronext (US)	9,208,934.1
NASDAQ OMX	2,396,344.3
TSX Group	1,033,448.5
BM&FBOVE SPA	591,965.5
Mexican Exchange	234,054.9
American SE	132,367.2
Santiago SE	131,808.0
Colombia SE	87,716.2
Buenos Aires SE	39,850.4
Lima SE	37,876.8
Bermuda SE	1,912.3
<i>Total de la Región</i>	<b>13,896,278.2</b>

<b>Asia -Pacífico</b>	
Tokyo SE Group	3,115,803.7
Shanghai SE	1,425,354.0
Hong Kong Exchanges	1,328,768.5
Australian SE	683,871.6
Bombay SE	647,204.8
National Stock Exchange India	600,281.6
Korea Exchange	470,797.7
Taiwan SE Corp.	356,710.6
Shenzhen SE	353,430.0
Singapore Exchange	264,974.4
Bursa Malasia	189,086.6
Osaka SE	147,436.3
Thailand SE	103,128.2
Indonesia SE	98,760.6
Jasdaq	93,176.5
Philippine SE	52,030.6
New Zeland Exchange	24,209.6
Colombo SE	4,285.9
<i>Total de la Región</i>	<b>9,211,593.4</b>

Mercado	2008 (millones de dólares)
---------	-------------------------------

<b>Europa-África-Medio Este</b>	
NYSE Euronext (Europe)	2,101,745.9
London SE	1,868,153.0
Deutsche Börse	1,110,579.6
BME Spanish Exchange	948,352.3
SIX Swiss Exchange	857,306.3
NASDAQ OMX Nordic Exchange	563,099.6
Borsa Italiana	522,087.8
Johannesburg SE	482,700.0
Oslo Bors	145,906.3
Tel Aviv SE	134,802.4
Istanbul SE	118,328.7
Athens Exchange	90,945.0
Warsaw SE	90,815.5
Egyptian Exchange	85,247.2
Wiener Börse	76,288.7
Luxembourg SE	66,614.7
Irish SE	49,498.9
Tehran SE	48,712.7
Amman SE	35,894.7
Budapest SE	18,465.4
Ljubljana SE	11,799.4
Cyprus Se	7,987.9
Mauritius SE	4,662.0
Malta SE	3,576.3
<i>Total de la Región</i>	<b>9,443,561.2</b>

Fuente: <http://www.world-exchanges.org/statistic>

### **1.3. Tipo de cambio y efectos de los riesgos cambiarios**

El tipo de cambio es el precio de la moneda de un país en términos de la moneda de otro país, por tanto la conversión de divisas permite transferir el poder de compra de una moneda a otra, de un país a otro país. Así, las transacciones internacionales de bienes y servicios son viables sólo en la medida en que exista convertibilidad entre las diferentes monedas de los diferentes países, es decir, que existan mercados libres o al menos relativamente libres de divisas.

La importancia y crecimiento de los mercados de divisas en las últimas décadas ha estado estrechamente relacionado con los procesos de globalización económica y financiera pues en años anteriores, la importancia del mercado de divisas estaba casi totalmente restringida a las operaciones al contado y de contratos adelantados asociados únicamente con las transacciones de importación y exportación. En la actualidad se realizan importantes movimientos de capitales a nivel internacional gracias a los grandes cambios que ha traído consigo la globalización.

Como se mencionó anteriormente y de acuerdo con Ortiz (2009), la caída del sistema de paridades fijas basadas en el patrón dólar-oro (pactado en el acuerdo de Bretton Woods), propició una mayor presencia del riesgo cambiario y la aparición del régimen cambiario de tipo de cambio flexible; donde el valor de las divisas se determina por las libres fuerzas del mercado con moderadas intervenciones de la Banca Central para mantener el equilibrio.

Debido a la aparición del régimen cambiario flexible, los cambios en las cotizaciones ocurren aleatoriamente, según la importancia de la divisa, lo que involucra riesgos continuos en las transacciones internacionales de corto y largo plazo que deben ser perfectos y correctamente cuantificados y administrados.

Las transacciones reales y financieras han adquirido una importancia mayor para los gobiernos, empresas e inversionistas institucionales como individuales debido al continuo

efecto de la globalización económica y financiera que ha acrecentado sorprendentemente en las últimas décadas los niveles de transacciones internacionales de todos los países. Estas transacciones se han convertido en una importantísima red de movimientos internacionales de capitales que fomentan el comercio y las inversiones directas y de cartera, pero que también pueden convertirse en mecanismos que trasmisores de crisis internacionales (Correa, 2005). De ahí que gran parte de las operaciones comerciales y financieras que se realizan en la actualidad en divisas extranjeras están expuestas en gran medida al riesgo cambiario que en su momento puede ser factor determinante del éxito o fracaso del desenvolvimiento macro y macroeconómico.

El riesgo cambiario se define como la posibilidad de tener pérdidas debidas a fluctuaciones desfavorables e inesperadas en los tipos de cambio, en algunos casos como suelen ser los de las empresas e instituciones financieras, este tipo de riesgo se traduce en la variabilidad de los valores del activo, pasivos e ingresos en moneda nacional que resultan de variaciones no anticipadas en el tipo de cambio.

Es por ello que es necesario determinar qué tanta es la exposición que se tiene a este riesgo, para, de esta manera, tomar las medidas adecuadas para lograr una cobertura apropiada.

Al evaluar la exposición al riesgo cambiario se pretende saber cuál sería el posible efecto de una variación en los tipos de cambio sobre la situación financiera de la empresa, o sobre el rendimiento de las inversiones.

La exposición al riesgo cambiario puede ser de tres tipos principalmente: exposición por transacción, exposición operativa o económica y exposición por traslación o contable.

La exposición por transacción es la relacionada con el cambio en el valor de los activos, pasivos e ingresos actuales de una empresa o un cambio en el valor de una inversión ante una variación futura o inesperada en los tipos de cambio. Este tipo de exposición al riesgo

es el que está mayormente relacionado con operaciones como compra o venta de monedas extranjeras, adquisiciones de deuda o prestamos en moneda extranjera.

La exposición operativa, o exposición económica, se asocia principalmente a las empresas productivas pues valora el cambio en el valor presente de los flujos de efectivo operativos esperados en el futuro. En este caso el efecto se refleja en la medida en que se afecten en el futuro los precios y los costos de la empresa, este tipo de exposición al riesgo también se asocia con la pérdida de ventajas competitivas debido a las variaciones en los tipos de cambio.

La exposición contable, afecta principalmente a las empresas transnacionales o multinacionales, pues estas requieren expresar los estados financieros de sus filiales en una sola moneda, generalmente la de la casa matriz, a fin de elaborar sus consolidados. Esta operación puede afectar las distintas cuentas afectando el valor del activo, pasivo y patrimonio.

Para poder protegerse contra el tipo de riesgo cambiario se emplean diversos mecanismos de cobertura, según el tipo de exposición<sup>3</sup>.

El objetivo es desde luego, eliminar, o por lo menos minimizar, esas posibilidades de obtener pérdidas como consecuencia de las variaciones de los tipos de cambio.

En este sentido, cabe mencionar que han ocurrido diferentes desastres financieros relacionados con el tipo de cambio, uno de ellos es el caso del Banco de Negara, banco

---

<sup>3</sup> Los mecanismos que se emplean comúnmente para protegerse del riesgo de transacción consisten en transferir el riesgo o adquirir productos derivados como contratos de futuros, forwards u opciones sobre divisas con el objetivo de fijar un precio sobre la divisa que se quiere negociar. En el caso de la cobertura contra el riesgo de exposición operativa en una empresa, es posible reconocer los desequilibrios cuando ocurren, tomar una posición adecuada y recurrir a la diversificación internacional (diversificación de las ventas, instalaciones, materias primas, obtener fondos en más de una moneda o en diferentes mercados, cambiar políticas operativas y financieras, etc).

central de Malasia, que perdió más de \$3 mil millones de dólares en 1992 y \$2 millones en 1993, después de malas operaciones con el tipo de cambio.

El banco especuló que la libra esterlina permanecería dentro del sistema Monetario Europeo (EMS); sin embargo, el Banco de Inglaterra, bajo un fuerte ataque de los especuladores, dejó que la libra se retirara del EMS en 1992<sup>4</sup>, la defensa de la libra costó miles de millones a los contribuyentes británicos.

Otro caso que ocasionó pérdidas corporativas es el de la empresa japonesa Kashima Oil, cuyo director Hachiro Obata, anunció el 9 de abril de 1994 que renunciaría a asumir la responsabilidad de 153 millones de yenes (1,5 mil millones de dólares) de pérdidas no realizadas sobre contratos forwards de divisas.

Esta dificultad económica, al igual que los billones de dólares perdidos a causa de un mal manejo de la ingeniería financiera en empresas de Japón durante el go-go de 1980, debió dejar grandes enseñanzas a los tesoreros de diversas empresas japonesas. Una de ellas fue ser mucho más cautelosos al realizar transacciones sobre tipo de cambio pues los contratos forward sobre divisas conllevan a mayores riesgos (los cuales se acrecentan si no se realizan coberturas adecuadas) y en este caso grandes pérdidas pues como ocurrió con esta empresa, pues la moneda a la que se pactaron los contratos registró movimientos en sentido contrario a lo esperado.

En México en 1994, también se suscitó una crisis importante llamada “Efecto Tequila” o “Error de Diciembre”, que se originó por la falta de reservas internacionales, causando la

---

<sup>4</sup> El 8 de octubre de 1990 el gobierno del Reino Unido decidió unirse al Sistema Monetario Europeo de Tasa de Cambio, con la libra establecida en 2,95 marcos alemanes. No obstante, el país fue forzado a retirarse del sistema el 16 de septiembre de 1992 (miércoles Negro) ya que la ejecución económica británica hacía la tasa de cambio insostenible. En esta ocasión se vio a las tasas de interés saltar de 10%, a 12%, y finalmente a 15% en un vano intento por detener la caída de la libra por debajo de los límites del Sistema. La tasa de cambio cayó a 2,20 marcos alemanes.

devaluación del peso durante los primeros días de mandato del entonces presidente Ernesto Zedillo<sup>5</sup>.

A causa de la falta de reservas internacionales, la reacción del Banco de México fue comprar deuda mexicana para así mantener la base monetaria que regía en ese momento e impedir que las tasas de interés se incrementaran, lo cual empeoró la situación y causó mayor fuga de dólares. Debido a lo anterior, se originó una crisis, que fue anunciada, y obligó a terminar con la paridad fija del peso pero además causó que inversionistas extranjeros retiraran sus inversiones.

Cuando el dólar dejó de ser controlado por el gobierno, el peso perdió la mitad de su valor, lo que ocasionó que las deudas en dólares no pudieran ser pagadas y la pérdida bienes adquiridos en contratos con tasa variable.

Algunas de las soluciones provisionales a la crisis fueron introducir controles estrictos en la política fiscal, continuar con la política de libre comercio y libre flotación, realizar un fondo para el rescate bancario (FOBAPROA), así como el hecho de que los Estados Unidos aprobaron un paquete emergente que consistió en un préstamo por \$20 mil millones de dólares para el Gobierno Mexicano.

---

<sup>5</sup> Cabe aclarar que esta crisis fue atribuida tanto a las malas decisiones en materia política y económica del ex presidente Carlos Salinas de Gortari, presidente del sexenio anterior, como al entonces presidente Zedillo, pues en el mandato de Salinas de Gortari se privatizaron los bancos y se tomaron medidas para lograr la inversión extranjera que afectaron seriamente el mercado interno, adicionalmente el peso estaba sobrevaluado (al menos un 20%) y el creciente déficit de cuenta corriente alarmó a los inversionistas que al vender sus tesobonos vaciaron las reservas internacionales del Banco de México. Por su parte el ex presidente Zedillo al tomar el mandato realizó un mal manejo de la situación pues informó a los inversionistas sobre la crisis que se avecinaba, originando una gran fuga de capital.

## **1.4. Algunas crisis mundiales**

A continuación se describen brevemente, otras crisis importantes que han afectado a la economía internacional desde 1929.

### **1929-1939: La gran depresión**

En Octubre de 1929, una devastadora depresión económica azotó a los países desarrollados tras el desplome de la bolsa de valores de Wall Street. La economía de Estados Unidos (EEUU) cayó a su nivel más bajo en 1933, con una producción industrial de tan sólo 65 por ciento, en comparación con su nivel anterior. Las tasas más altas de desempleo alcanzaron casi un 30 por ciento en Alemania, Australia y Canadá.

### **1973-1975: Crisis del petróleo**

Tras el estallido de la guerra del Yom Kippur en octubre de 1973, los principales países árabes exportadores de petróleo declararon un embargo en los envíos a EEUU, así a como otras naciones partidarias de Israel. De igual manera, se unieron a otros proveedores de petróleo para elevar los precios. La Crisis del petróleo de 1973 desencadenó la peor crisis económica desde la Segunda Guerra Mundial en algunas de las principales naciones industrializadas, provocando un descenso del 14 por ciento en la producción industrial de EEUU y más del 20 por ciento en el caso de Japón.

### **Década de 1980: Crisis de la deuda externa de América Latina**

En la década de 1960, los países latinoamericanos comenzaron a recibir fuertes empréstitos<sup>6</sup> para desarrollar sus industrias nacionales. A inicios de la década de 1980, la

---

<sup>6</sup> Empréstito: Fuente de financiamiento ajena dividida en partes alícuotas llamadas obligaciones. Los empréstitos de obligaciones se solicitan debido a que las grandes empresas y entes públicos necesitan capitales de cuantía muy elevada, con lo que no les resulta fácil encontrar entidades financieras dispuestas a conceder préstamos de tales cuantías.

deuda externa excedió a los 300.000 millones de dólares estadounidenses. Poco después, en 1982, México se declaró incapaz de pagar la deuda, provocando una agitación mundial con la crisis de la deuda externa, durante la cual el producto interno bruto (PIB) per capita decayó un 10 por ciento en los países de América Latina.

### **Década de 1990: Colapso de la burbuja de activos japonesa**

Los precios de los bienes raíces y el mercado de valores sufrieron un desplome catastrófico en 1990, después de años de inflación. En la década siguiente, Japón sufrió una deflación crónica y una recesión económica debido a la devaluación de sus activos. La economía nacional entró en una fase de crecimiento cero en la mitad de la década de los años noventa.

### **1997-1998: Crisis financiera asiática**

El aumento de valor del dólar estadounidense provocó que las exportaciones de varios países asiáticos, cuyas monedas se encontraban atadas al dólar, se hicieran menos competitivas. En julio de 1997, surgió una devaluación expandida tras la decisión de Tailandia de fluctuar su moneda, el baht, dando inicio a la crisis financiera asiática, de la cual Indonesia, Tailandia y Corea del Sur fueron los más afectados, con una contracción durante la crisis del 83.4; 40.4 y 34.2 por ciento, respectivamente.

### **2004-2008: Crisis de las hipotecas “subprime”**

La crisis de los créditos de alto riesgo se desató en Estados Unidos durante el verano de 2007. Sus orígenes están en las hipotecas hechas a los prestatarios con menor capacidad para pagar los préstamos. El resultado fue el cierre de muchas compañías que invirtieron fuertes sumas en productos relacionados con las hipotecas subprime y la reducción de créditos alrededor del mundo.

Todo comenzó cuando en 2004 la Reserva Federal de E.U. comenzó a subir las tasas de interés como medida para frenar la inflación por lo que obtener créditos ya no fue tan fácil, así que la demanda de viviendas cayó y así mismo con los precios.

En 2006 los embargos por la falta de pago de las deudas hipotecarias aumentaron a 1,200,000 llevando a la quiebra económica a muchas entidades hipotecarias. Aunado a esto, la crisis inmobiliaria se transfirió a la bolsa de valores.

En Julio de 2007 la Reserva Federal anuncia que las pérdidas generadas por las hipotecas de alto riesgo se calculan entre 50,000 y 100,000 millones de dólares.

La bancarrota de Lehman Brothers y la adquisición de Merrill Lynch, en Septiembre de 2008, marcaron el inicio de la crisis financiera global, la cual ha provocado la desaceleración del crecimiento económico mundial, una contracción en el comercio internacional y el aumento en el desempleo en el sector de la mano de obra. Fuertes recesiones emergieron en Japón y otros países.

### **2008-2010: Crisis de países desarrollados. Efecto Jazz**

Esta crisis fue originada en los Estados Unidos, entre los principales factores causantes de la crisis están los altos precios de las materias primas, la sobrevalorización de los productos, una crisis alimentaria mundial y energética, una elevada inflación y la amenaza de una recesión en todo el mundo, así como una crisis crediticia, hipotecaria y de confianza en los mercados.

En palabras del economista Jesús Huerta de Soto esta crisis "*surge de la expansión crediticia ficticia orquestada por los bancos centrales, y que ha motivado que los empresarios invirtieran donde no debían*".

Por otra parte, la presidenta argentina Cristina Fernández de Kirchner en su primer discurso en la 63ª Asamblea General de la ONU denominó a dicha crisis como *Efecto Jazz*,

dado que el origen de la crisis fue el centro de Estados Unidos y se expandió hacia el resto del mundo y ha afectado fundamentalmente a los países más ricos, en clara contraposición a crisis anteriores que se originaban en países emergentes y se expandían hacia el centro, como fueron el Efecto Tequila, Efecto Caipirinha y el Efecto Arroz.

A grandes rasgos, se puede decir que esta crisis se expandió rápidamente por diversos países europeos, y algunos sufrieron graves efectos. Dinamarca entró en recesión (seis meses consecutivos de crecimiento económico negativo) en el primer trimestre de 2008. En el segundo trimestre de 2008, el conjunto de la economía de la eurozona se contrajo en un -0.2%, encabezada por los retrocesos en Francia (-0.3%) y Alemania (-0.5%). Otras economías importantes, como la española, evitaron la contracción (0.1%) pero sólo crecieron muy débilmente en el mismo periodo, con fuertes incrementos en el desempleo.

No obstante, estos efectos también se extendieron rápidamente por los países desarrollados de todo el mundo. Japón, por ejemplo, sufrió una contracción del -0.6% en el segundo trimestre de 2008. Australia y Nueva Zelanda también sufrieron contracciones.

Cabe destacar que ha comenzado a generarse una mayor preocupación por el futuro de los países con economías emergentes, tal como lo es China e India en Asia; Argentina, Brasil y México en América y Sudáfrica en el continente africano, cada uno de ellos líderes en sus regiones y, también afectados por la actual crisis económica.

Aunado a lo anterior, en octubre de 2010 empezaron a surgir señales claras de una posible guerra de divisas (dólar, euro, yen y yuan) ya que los países rebajaron la cotización de sus monedas en busca de ventajas competitivas para facilitar la exportación y de esta manera salir de la crisis. Cabe aclarar que esta medida llevaría a una especie de guerra de divisas y un círculo de rebajas que acentuaría el enfrentamiento comercial llegando a una guerra comercial que retrasaría la recuperación.

## 1.5. Mercado FOREX

El FOREX es el Mercado Internacional de Divisas (por sus siglas en inglés Foreign Exchange o en su traducción al español “canje internacional”), es el mercado financiero más líquido, dinámico y lucrativo del mundo pues citando al financiero Luis Landeros Ortega:

*“Su volumen diario de 2 trillones de dólares (USA), lo que lo convierte en el Mercado más líquido. Su funcionamiento de 24 horas del día lo convierte en el Mercado más dinámico. Su financiación, la más alta de todos los mercados financieros, lo convierte en el Mercado potencialmente más lucrativo. En FOREX, un inversor puede financiar 99,000 USD por cada 1,000 USD de margen que tenga depositado en su cuenta, pudiendo este depósito o margen alcanzar un potencial de movimiento diario entre un 100% y un 200%.”*

La operativa en el Mercado FOREX consiste en la simultánea compra de una divisa y la venta de otra. Las divisas son intercambiadas en pares, por ejemplo, PESO MX/USD ó USD/EURO.

En una posición larga (*long*), un inversionista compra una divisa a un precio y espera venderla más tarde a un precio mayor, en cambio en una posición corta (*short*), el inversionista vende una divisa con anticipación a que ésta se deprecie. En cada posición abierta, el inversor está *long* en una divisa y *short* en la otra<sup>7</sup>.

Hoy en día, el 85% de todas las transacciones en el Mercado FOREX incluyen al Dólar USD (USD), al Yen Japonés (JPY), el Euro (EUR), a la Libra Esterlina (GBP), al Franco Suizo (CHF), al Dólar Canadiense (CAD) y al Dólar Australiano (AUD). Los principales centros de

---

<sup>7</sup> Por lo general, los inversores toman en cuenta dos tipos de Análisis: el Fundamental y el Técnico.

El primero utiliza como base las noticias macroeconómicas del acontecer mundial, incluyendo condiciones políticas, indicadores económicos, políticas fiscales, inflación, desempleo y tipos de interés.

El segundo utiliza gráficos, líneas de tendencia y niveles de soporte y resistencias (entre otros), con el fin de identificar oportunidades de generación de plusvalías.

negociación de divisas en el mundo son Londres, Nueva York, Tokio, Singapur, Zurich y Hong Kong.

Las operaciones se efectúan a través de plataformas de inversión o telefónicamente (no hay una locación central, a diferencia de las bolsas). Es un verdadero mercado de 24 horas que empieza a diario en Sydney y se mueve alrededor del mundo, a medida que comienza el día, en cada centro financiero mundial: primero Tokio, luego Londres y por último Nueva York.

A diferencia de otros mercados financieros, los inversionistas pueden responder a las fluctuaciones causadas por eventos económicos, sociales y políticos en el mismo momento en que éstos están ocurriendo, día o noche.

Los participantes de este mercado son los siguientes:

a) Bancos Centrales

Los Bancos Centrales de los países son entidades no lucrativas cuyo objetivo principal al participar en los mercados de divisas es el crear condiciones de estabilidad para su tipo de moneda. Estos intervienen en el mercado FOREX lo con el propósito de hacer ajustes en su economía o en sus finanzas.

b) Bancos Comerciales y de Inversiones

Este tipo de instituciones son conocidas como los participantes más importantes del mercado. Ellos participan en el mercado FOREX por cuenta propia o por cuenta de sus clientes<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Cabe aclarar que las operaciones comerciales en los mercados FOREX han sido catalogadas las de mayor rentabilidad para las instituciones bancarias, inclusive con menor exposición al riesgo que las mismas líneas

#### c) Fondos de Coberturas

Los fondos constituyen hoy en día como uno de los vehículos de inversión por excelencia en cualquier mercado, y el FOREX no es la excepción. Este tipo de participantes consiste en grupos de inversionistas que al unirse en un objetivo común logran entrar al mercado con varios millones de dólares.

#### d) Empresas

La globalización de la economía ha forzado a las empresas e instituciones a poner más atención a los tipos de cambio. Es así como anteriormente sólo se involucraban en el mercado de FOREX sólo si el giro ordinario de sus negocios lo requería, es decir, si necesitaban cubrirse frente al riesgo del tipo de cambio.

Actualmente, considerando que las instituciones son más sofisticadas en el manejo del riesgo, invierten parte de sus portafolios en estos mercados como una forma de diversificación y de cobertura simultáneamente, generando un mayor nivel potencial de utilidades.

#### e) Inversionistas individuales

Anteriormente sólo las corporaciones y personas específicas podían negociar divisas en el mercado FOREX, a través de su agente bancario cuyo mínimo requerido era un capital de US\$1 millón para abrir una cuenta.

---

de crédito. Estas instituciones tienen ventaja en el mercado debido al conocimiento de las órdenes de sus clientes que les permite de antemano saber hacia dónde podría moverse el mercado.

Sin embargo, en la actualidad, y debido al desarrollo de tecnologías como Internet, así como el desarrollo de la banca, se ha logrado rebajar los montos mínimos lo que ha permitido la incorporación masiva de participantes individuales.

### ***Ventajas de operar en FOREX***

Aunque el Mercado FOREX es el mercado financiero más grande y más líquido del mundo, durante largo tiempo permaneció alejado del pequeño y mediano inversionista, que no podía operar en este mercado en condiciones competitivas.

En la actualidad este mercado financiero se ha puesto al alcance de muchos, ofreciendo la posibilidad de operar en línea (a través de una plataforma de operaciones) o por teléfono, con las condiciones más competitivas.

De estos servicios pueden beneficiarse todos los inversionistas que deseen rentabilizar capitales a partir de 5,000 USD.

Las ventajas que conlleva el operar en divisas, son diversas (más aún si son comparadas con las inversiones en bolsa o con futuros). A continuación se mencionan algunas de ellas.

#### a) Spreads reducidos

Al operar en el Mercado FOREX, los inversionistas obtienen un precio de cambio denominado "spread", el cual se deriva de la diferencia entre los precios de venta y de compra. Generalmente los precios de venta son mayores que los de compra, ya que el spread representa la ganancia que podría obtener un intermediario financiero por llevar a cabo la transacción de compra-venta.

Debido a que el FOREX es un mercado dinámico con gran oferta y demanda de divisas, los spreads no son muy altos, lo cual beneficia a los inversionistas pues estos enfrentan costos menores ocasionados por dichas transacciones.

b) Sin comisiones

Los clientes que operan en FOREX con frecuencia no pagan ningún tipo de comisión. Esta inigualable ventaja contrasta, una vez más, con lo que generalmente ofrecen los intermediarios que operan en bolsa y en futuros.

c) Precios competitivos las 24 horas del día

El Mercado FOREX está abierto las 24 horas del día y de la noche. Empieza en Asia alrededor a las 24:00 h. (CET) de la noche del domingo, y finaliza el viernes, en Estados Unidos, alrededor de las 23:00h. (CET). En los mercados de bolsa y futuros, durante las llamadas “*after hours*” (normalmente entre una sesión y otra, cuando hay menos volumen y menos actividad en el mercado), los precios ofrecidos son, a menudo, muy poco competitivos.

d) Mercado al contado (SPOT)

En los mercados de futuros sobre divisas, cuando el precio de cierta divisa aumenta o cae más allá de un nivel predeterminado, los inversores se hallan restringidos y no pueden abrir nuevas posiciones, pudiendo solamente liquidar, si quieren, las posiciones que tienen abiertas. En el mercado de divisas al contado, no existen este tipo de limitaciones, y el inversor lleva libremente a cabo su estrategia de rentabilización de capital hasta dónde él quiera<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Dado que puede protegerse de movimientos inesperados con las órdenes de stop-loss, tiene en todo momento bajo control la volatilidad.

e) Posibilidad de entrar en el Mercado vendiendo

En las bolsas, un inversionista no puede vender sus acciones si antes no las ha comprado. En cambio, en el Mercado FOREX al contado (SPOT), los inversores no sólo pueden entrar comprando una divisa frente a otra (si esperan que la primera se vaya a apreciar respecto de la segunda), sino que también pueden entrar en el mercado vendiendo una divisa frente otra (cuando esperan que la primera se vaya a depreciar frente a la segunda).

De hecho, cuando se compra una divisa, automáticamente se está vendiendo otra. Esto es una ventaja (o desventaja) inigualable pues los inversores en FOREX que pueden beneficiarse o salir perjudicados tanto de las subidas en el mercado como de las caídas. Es por ello que a continuación se hablará de los riesgos que implican las transacciones que involucran a los tipos de cambio.

## **1.6. Alternativas de inversión en México**

Todo inversionista desea que su dinero genere los más altos y mejores rendimientos con poca o nula exposición al riesgo, sin embargo esto no es posible. La asignación de inversiones consiste en distribuir los recursos con los que se cuenta en diferentes formas de inversión, dando paso a la diversificación, para ello en el mercado se ofrecen una gran variedad de instrumentos de inversión que están diseñados para otorgar diferentes utilidades en correlación con el nivel de riesgo. A continuación se mencionan diferentes opciones.

### ***Instrumentos bancarios***

Esta forma de inversión se recomienda para aquellos individuos que tienen poca información y un perfil de riesgo de tipo conservador de manera que prefieren los productos bancarios tradicionales como cuentas de ahorro o los pagares bancarios. La ventaja de invertir en este tipo de instrumentos reside en que desde la apertura del contrato se sabe cuál es el rendimiento que se obtendrá en un periodo determinado, obteniendo una gran certidumbre.

Sin embargo, en la mayoría de los casos los rendimientos de estos productos se encuentran abajo del crecimiento inflacionario, lo que origina una pérdida del poder adquisitivo. Es por ello que algunos bancos han creado soluciones que garantizan el capital y otorgan un rendimiento adicional, otros ofrecen productos cuyo rendimiento esta referenciado a tasas de interés de instrumentos como los Certificados de Tesorería (CETES) entre otros.

### ***Mercado de Capitales***

Los instrumentos que se negocian en este mercado son de tipo bursátil y se encuentran en el mercado de valores. Se puede acceder a ellos a través de un intermediario financiero (por lo general las casas de bolsa) o invertir de manera directa con un monto mínimo de inversión.

A la Bolsa Mexicana de Valores (mercado accionario mexicano), acuden las compañías emisoras que desean obtener recursos para financiar sus proyectos. Los inversionistas por su parte se encuentran en posibilidades de comprar títulos adquiriendo así una parte del capital social de las empresas.

Por su naturaleza, las acciones no garantizan un rendimiento, son consideradas de alto riesgo y como inversiones a largo plazo. Al comprar acciones se pueden obtener ganancias por medio de la ganancia de capital, que es la diferencia que se obtiene del precio al que se compra la acción, que debe ser más bajo, y al que se vende, que debe ser más alto (generalmente la venta se realiza en el mercado secundario<sup>10</sup>). Otra forma de obtener ganancias consiste en recibir pagos de dividendos, ya que en algunos casos el tenedor de las acciones participa de las utilidades que genera la emisora.

### ***Mercado de Deuda***

Este mercado es más grande en comparación con el mercado de capitales. Los títulos de deuda representan la parte proporcional de una cantidad de dinero solicitada por un emisor (que puede ser el gobierno, instituciones financieras y las empresas en general) con la promesa de restituirlo a su vencimiento a los inversionistas con su correspondiente tasa de interés. La finalidad es obtener recursos para que las emisoras puedan fondear sus proyectos de inversión, otorgar financiamiento a terceros o para cumplir con diversos compromisos económicos. De acuerdo con su plazo, liquidez y riesgo se distinguen dos tipos de mercados, el de dinero<sup>11</sup> y el de renta fija<sup>12</sup>.

### ***Mercado FOREX***

Como ya se mencionó anteriormente, se tiene la percepción de que este mercado es altamente especulativo pues se pueden obtener grandes ganancias o fuertes pérdidas. Dentro de este mercado se comercializan las más importantes divisas.

---

<sup>10</sup> Dentro de los mercados accionarios se distinguen dos tipos de mercados. El primario que consiste en la compra por parte de los inversionistas de la oferta accionaria que emite una empresa y el mercado secundario que es formado entre inversionistas, pues estos realizan operaciones de compra-venta de acciones.

<sup>11</sup> En el mercado de dinero se negocian títulos o instrumentos de deuda a corto plazo (90 días) con un alto nivel de liquidez y bajo riesgo.

<sup>12</sup> En el mercado de renta fija se negocian instrumentos con plazo de vencimiento mayor a 90 días y hasta 20 años.

La forma en la que un inversionista puede operar en este mercado es comprando y vendiendo divisas en diferentes plazas financieras del mundo con ayuda de un bróker, el cual tendrá la custodia mas no el derecho de retirar los fondos de la cuenta a la cual el inversionista deposite el monto a invertir.

## Capítulo II. Marco teórico y metodológico

Uno de los problemas existentes cuando se desea invertir es precisamente la amplia gama de alternativas que hay en cuanto a los diferentes instrumentos de inversión, que como ya se mencionó, tienen distintas características y representan un amplio conjunto de oportunidades para el inversionista.

Existen algunos principios básicos para realizar la selección de instrumentos financieros con la finalidad de obtener un portafolio eficiente pues elegir entre la gran diversidad de instrumentos de inversión y determinar qué proporción de la inversión debe destinarse a cada uno de los instrumentos financieros elegidos para obtener los máximos beneficios posibles, es decir, para obtener los máximos rendimientos, no es un proceso sencillo, sin embargo, se cuenta con distintos métodos que ayudan a tomar este tipo de decisión.

Es por ello que el análisis de portafolio proporciona herramientas para realizar una selección idónea (óptima) de los instrumentos de inversión. Entre los métodos empleados se encuentra “la teoría de portafolios Media-Varianza” conocida como el modelo de Markowitz, cuya implementación ha sido fructífera para obtener la maximización de dichos rendimientos y permite lograr una buena diversificación de los instrumentos de inversión.

Sin embargo, cabe aclarar que aunque esta teoría es sólida y eficaz, la selección óptima, también está en función de los intereses y necesidades del inversionista.

## 2.1. Enfoque Media-Varianza. Teoría de Markowitz.<sup>13</sup>

En 1952, Markowitz publicó el artículo "Portfolio Selection", donde centra su atención en la diversificación de carteras, demostrando como un inversionista puede reducir el riesgo eligiendo acciones cuyas oscilaciones no sean paralelas.

En su modelo utiliza conceptos que han sido de gran avance teórico y cuya utilidad está fuera de toda duda. El primer pilar de su teoría es la relación entre el riesgo y las variables estadísticas, cuya medición es posible, específicamente la varianza histórica de la rentabilidad. El artículo argumenta que los inversores demandan un retorno mayor para inversiones más riesgosas.

Antes de Markowitz, en el mundo académico y en la práctica se reconoció que un portafolio con un mayor número de acciones era menos riesgoso que uno con pocas acciones. Esto se debe a que las acciones que se desempeñan mal, tienden a estar compensadas por acciones que se desempeñan bien, por lo tanto el rendimiento del portafolio varía menos que el retorno de un portafolio con un menor número de acciones o de una acción individual. Sin embargo se carecía de un método científico que permitiera optimizar los rendimientos y minimizar los riesgos.

Markowitz, demostró que la clave para diversificar un portafolio no estaba simplemente en el número de acciones que lo componen, sino también y de forma más importante, en la correlación de los rendimientos de las acciones que lo conforman.

Si los rendimientos están fuertemente correlacionados, en efecto, el portafolio no se podrá diversificar, y si la correlación es baja, se podrá diversificar y el riesgo será mucho menor.

---

<sup>13</sup> Harry Markowitz. *Portafolio Selection*. The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91.

Como se sabe, al realizar una inversión, se puede calcular las correlaciones históricas o más precisamente, las covarianzas entre las acciones que conforman el portafolio. Con esta información, Markowitz demostró con la técnica que se conoce con el nombre Análisis de Media-Varianza, la posibilidad de construir una serie de portafolios que sean eficientes<sup>14</sup> que se encuentran a lo largo de la llamada Frontera Eficiente<sup>15</sup>, donde, están situadas las mejores rentabilidades para un riesgo determinado, clasificadas de la forma que a mayor riesgo corresponda una mayor rentabilidad. Según el grado de aversión al riesgo, el inversor se situará de forma razonable en uno u otro punto de la línea de la frontera eficiente. Cualquier otro punto sería irracional.

A continuación se presenta un breve resumen de los principales aspectos matemáticos del enfoque Media-Varianza con énfasis especial en la resolución del problema de construcción de la curva de varianza mínima y frontera eficiente de portafolios de inversión considerando  $n$  activos con riesgo y suponiendo que la venta en corto es factible, es decir no se impondrá la condición de no negatividad. Posteriormente se abordará este mismo problema considerando la condición de no negatividad pues en la práctica financiera la posibilidad de operar con ventas en corto se encuentra regulada y limitada en la mayoría de los casos.

Con el propósito de simplificar el desarrollo del tema, se mencionan los siguientes supuestos:

1. La selección de inversiones se refiere para un periodo.

---

<sup>14</sup> Los portafolios eficientes son aquellos en los que se puede obtener la rentabilidad más alta dado un nivel de riesgo.

<sup>15</sup> Se denomina frontera eficiente al conjunto de carteras eficientes que son aquellas que minimizan el riesgo para una rentabilidad esperada, o, a la inversa, maximizan la rentabilidad esperada para un cierto nivel de riesgo.

2. Las preferencias entre riesgo y rendimiento del inversionista pueden expresarse de forma matemática o gráfica en un espacio definido por la varianza o desviación estándar y la expectativa de rendimiento.
3. Existen en el mercado  $n$  activos con los cuales se puede formar una combinación para un portafolio.
4. Para cada uno de estos activos se puede calcular la esperanza matemática del rendimiento, su varianza, desviación estándar, y las covarianzas de cada uno de los activos con respecto a los demás, tomando pares.
5. Se ignoran costos de transacción.
6. El mercado en el que se intercambian los activos es competitivo.

Para abordar la parte estadística del modelo, es necesario aclarar que se tienen  $n$  esperanzas matemáticas del rendimiento de los  $n$  activos que pueden integrar el portafolio de inversión y que estas se calculan a partir de observaciones históricas de tasas de rendimiento de los activos que se incluyan en el portafolio.

Por ello, se obtienen  $n$  varianzas o desviaciones estándar de los rendimientos de los activos mencionados. Para calcular las covarianzas de los rendimientos de todos los activos, se deben tomar activos de dos en dos, por lo que se tendrán  $n*(n-1)/2$  covarianzas distintas.

La tasa de rendimiento esperada del portafolio para un periodo se define como:

$$E(r_p) = r_p^* = \sum_{i=1}^n w_i r_i^*$$

Donde  $r_i^* = E(r_i)$  es la tasa esperada de rendimiento del activo  $i$ ,

$w_i$  es la ponderación del activo  $i$  en el portafolio,

$r_p^* = E(r_p)$  es la tasa de rendimiento esperada del portafolio de  $n$  activos.

A su vez, la tasa de rendimiento puede ser expresada de manera vectorial:

$$r_p^* = W^T R_i^*$$

Donde  $W^T$  es el vector transpuesto de las ponderaciones,

$R_i^*$  es el vector de las tasas de rendimiento esperado del portafolio.

La suma de las ponderaciones debe ser igual a uno, de forma que  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  será una de las restricciones del problema de selección del portafolio de inversión y que esta implica que existe la posibilidad de que dicho portafolio este compuesto por pasivos, es decir ventas en corto<sup>16</sup>. Cuando las ventas en corto no son deseables se debe agregar una restricción que consiste en que todos los ponderadores denotados anteriormente como  $w_i$ 's deben ser no negativos, lo cual indica que  $w_i \geq 0$  con  $i = 1, 2, 3 \dots n$ .

La varianza del rendimiento del portafolio se define de la siguiente manera:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

Y que se puede expresar a su vez en forma matricial como:

$$\sigma_p^2 = W^T S W$$

Siendo  $S$  es una matriz simétrica de varianzas y covarianzas de los rendimientos de los  $n$  activos de la forma:

---

<sup>16</sup>Las ventas en corto se refieren a la venta de un activo que es tomado en préstamo y con el ingreso obtenido se compra otro activo.

$$S = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nn} \end{pmatrix}$$

Donde  $\sigma_{ij}$  es la varianza del rendimiento de los activos cuando  $i = j$  y cuando  $i \neq j$  esta representa la covarianza de los rendimientos de los activos. Una forma alternativa de representar la covarianza en términos del coeficiente de correlación de los rendimientos es  $\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$ , donde  $-1 \leq \rho_{ij} \leq 1$  es el coeficiente de correlación.

La desviación estándar del rendimiento del portafolio se define entonces:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}} = \sqrt{\sigma_p^2}$$

Ó en términos del coeficiente de correlación

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j}$$

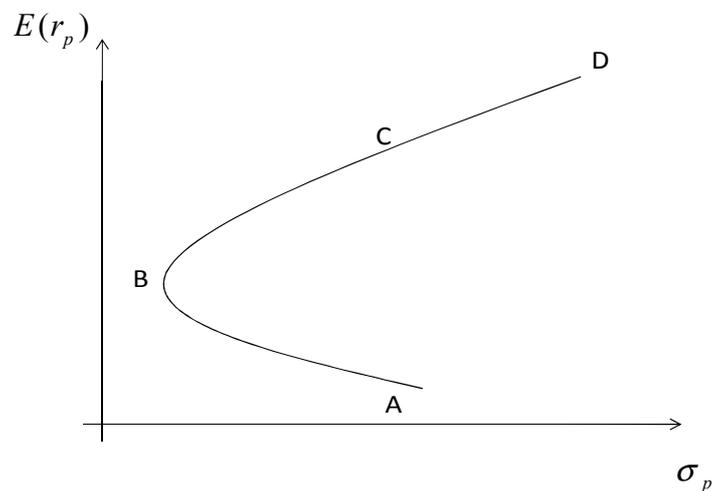
Esta expresión es útil ya que el coeficiente de correlación es una medida que permite saber cómo se comportan los rendimientos de los activos. Cuando  $\rho_{ij} = 1$ , se dice que hay una correlación perfecta pues los rendimientos se mueven en el mismo sentido y proporción. De forma similar cuando  $\rho_{ij} = -1$  se dice que existe una correlación negativa perfecta de manera que los rendimientos se mueven en sentidos opuestos pero el movimiento ascendente de uno se compensa con el movimiento descendente del otro. En

cambio cuando  $\rho_{ij} = 0$  se dice que los rendimientos de los activos no tienen relación alguna ya que se mueven de forma independiente.

Otro aspecto en el que el coeficiente de correlación es de gran ayuda consiste en el hecho de que entre más bajo es este parámetro menor será la desviación estándar del rendimiento del portafolio y por tanto el riesgo inherente.

Una descripción de la relación riesgo-rendimiento de las diferentes combinaciones posibles de activos se puede apreciar en la figura 1.2, donde la línea ABCD representa la curva de varianza mínima que está compuesta por las combinaciones de activos que producen la mínima varianza para cada tasa de rendimiento.

El segmento de curva conformado por AB son las combinaciones que un inversionista racional no escogería ya que cualquier posible combinación del segmento de BC le ofrecería mayor rendimiento a un nivel de riesgo dado.



**Figura 2.1. Curva de varianza mínima.**

Respecto al punto B, este es el punto de varianza mínima global porque es la combinación que tiene la menor varianza de todas las combinaciones posibles.

Por otra parte, se puede observar que todas las opciones de combinaciones de portafolios que se encuentran debajo del segmento BD, es decir que están en el interior del conjunto delimitado por la curva de varianza mínima, son opciones inferiores y por esta razón dicho segmento domina a todas las combinaciones posibles al ofrecer la varianza más pequeña por cada nivel de tasa de rendimiento y al mismo tiempo el máximo rendimiento esperado de acuerdo a cada nivel de riesgo. Es por ello que dicho tramo BD se le denomina “frontera eficiente” de inversión.

De acuerdo al anterior, se puede deducir que cualquier inversionista podrá escoger alguna combinación de la frontera eficiente de acuerdo a su preferencia de riesgo y rendimiento.

Para construir la frontera eficiente, abordaremos primero, el caso en el que se permiten las ventas en corto. Para ello, es necesario que dicha frontera está conformada por todos aquellos portafolios cuyas combinaciones de activos cumplen las siguientes condiciones:

- a) Tienen la varianza mínima dentro de todas las combinaciones a una tasa de rendimiento dada.
- b) La tasa de rendimiento que poseen es la más alta respecto a todas las combinaciones posibles dada una varianza.

El tomar en cuenta las condiciones anteriores, se otorga gran importancia al análisis del punto de varianza mínima global (punto B de la figura 1.2), ya que permite simplificar la búsqueda de las combinaciones que son eficientes al mismo tiempo que permite plantear el problema de encontrar todas las combinaciones posibles de activos que satisfacen la primera condición y que tengan una tasa de rendimiento mayor a la que le corresponde al

punto B y a su vez es de utilidad para descartar las combinaciones que se encuentran en el segmento AB que aunque cumplen la primera condición, no la segunda.

Para encontrar el vector  $W$  (que como ya se mencionó, representa la combinación de los  $n$  activos que producirán el portafolio de varianza mínima global), se debe plantear el siguiente problema de optimización<sup>17</sup>:

$$\text{Min } \frac{1}{2} \sigma_p^2$$

$$\text{Sujeto a } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Dicho problema se puede resolver utilizando el método de multiplicadores de Lagrange, para lo que se define la función Lagrangeana como:

$$L = \frac{1}{2} \sigma_p^2 + \lambda \left(1 - \sum_{i=1}^n w_i\right) = \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \right) + \lambda \left(1 - \sum_{i=1}^n w_i\right)$$

con  $\lambda$  como el multiplicador de Lagrange.

Para obtener los puntos críticos se debe aplicar una condición de primer orden que consiste en obtener las derivadas parciales respecto a los ponderadores  $w_i$  y respecto a  $\lambda$ , posteriormente se iguala la ecuación a cero y se despejan dichos valores. Es decir:

---

<sup>17</sup> Se minimiza la expresión  $\frac{1}{2} \sigma_p^2$  en vez de  $\sigma_p^2$  debido a que se facilita la expresión y resolución matemática del problema, otorgando los mismos resultados que la segunda expresión.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w_1} &= w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{12} + \dots + w_3 \sigma_{13} - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial w_2} &= w_1 \sigma_{21} + w_2 \sigma_{22} + \dots + w_3 \sigma_{23} - \lambda = 0 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \frac{\partial L}{\partial w_n} &= w_n \sigma_{n1} + w_2 \sigma_{n2} + \dots + w_3 \sigma_{n3} - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= w_1 + w_2 + \dots + w_n - 1 = 0 \end{aligned}$$

Para representar el sistema de  $n+1$  ecuaciones y  $n+1$  incógnitas, se realiza la multiplicación de matrices

$$V * W = B \dots (1)$$

Donde

$$V = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nm} & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \\ \lambda \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Al multiplicar ambos lados de la ecuación (1) por la matriz inversa de  $V$ <sup>18</sup>, se tiene:

$$V^{-1} * V * W = V^{-1} * B$$

---

<sup>18</sup> La inversa de  $V$  debe ser una matriz no singular, es decir, es una matriz cuadrada cuyo determinante es diferente de cero y tiene inversa.

Por lo que el vector que el vector  $W$  que corresponde a las ponderaciones que debe tener cada uno de los  $n$  activos en el portafolio de varianza mínima es:

$$W = V^{-1} * B$$

Para establecer que el vector  $W$  es un mínimo, adicionalmente, se debe verificar la condición de segundo orden mediante los determinantes Hessianos. Dicha metodología se revisa con detalle en el anexo 1.

Dado que se conocen las tasas esperadas de rendimiento de cada uno de los activos, ahora ya es posible conocer el rendimiento esperado del portafolio de varianza mínima y la varianza del mismo<sup>19</sup>. Así, es posible saber cuál es el punto “B” de varianza mínima global.

Al tener las coordenadas del punto de varianza mínima global, ahora se tiene un problema de optimización similar al anterior, solo que con una restricción adicional pues el problema consiste en encontrar las combinaciones de los  $n$  activos que producen la varianza mínima para una tasa de rendimiento dada, de forma que sea superior a la tasa esperada de rendimiento del portafolio de varianza mínima global que denotaremos  $r_{pm}^*$ .

Si se repite en procedimiento descrito para diferentes tasas esperadas de rendimiento entonces se puede encontrar los portafolios que conforman la frontera eficiente que para nuestros fines es el segmento BD de la figura 1.

El problema de optimización restringido es entonces:

---

<sup>19</sup> A través de la sustitución de  $E(r_p) = r_p^{**} = \sum_{i=1}^n w_i r_i^*$  y  $\sigma_p^2 = W^T S W$

$$\text{Min} \frac{1}{2} \sigma_p^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

Sujeto a

$$r_p^{**} = \sum_{i=1}^n w_i r_i^* \quad \text{y} \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Donde  $r_p^{**}$  será una tasa de rendimiento escogida de forma arbitraria y superior a  $r_{pm}^*$ . El Lagrangeano se modifica a su vez de la siguiente manera:

$$L = \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \right) + \lambda (r_p^{**} - \sum_{i=1}^n w_i r_i^*) + \gamma (1 - \sum_{i=1}^n w_i)$$

Y las condiciones de primer orden para obtener el mínimo son:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w_1} &= w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{12} + \dots + w_n \sigma_{1n} - \lambda r_1^* - \gamma = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial w_2} &= w_1 \sigma_{21} + w_2 \sigma_{22} + \dots + w_n \sigma_{2n} - \lambda r_2^* - \gamma = 0 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \frac{\partial L}{\partial w_n} &= w_1 \sigma_{n1} + w_2 \sigma_{n2} + \dots + w_n \sigma_{nn} - \lambda r_n^* - \gamma = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= w_1 r_1^* + w_2 r_2^* + \dots + w_n r_n^* - r_p^{**} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \gamma} &= w_1 + w_2 + \dots + w_n - 1 = 0 \end{aligned}$$

Del mismo modo como se hizo anteriormente, este sistema de  $n+2$  ecuaciones e incógnitas se puede expresar mediante matrices como sigue:

$$V1 * W1 = B1$$

Donde

$$V1 = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} & r_1^* & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} & r_2^* & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nn} & r_n^* & 1 \\ r_1^* & r_2^* & \dots & r_n^* & 0 & 0 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \\ \lambda \\ \gamma \end{pmatrix} \text{ y } B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ r_p^{**} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Al multiplicar  $V1$  por su inversa se tiene:

$$V1^{-1} * V1 * W1 = V1^{-1} * B1$$

De forma que el vector  $W1$ , que es la solución es:

$$W1 = V1^{-1} * B1$$

Por lo tanto, se puede observar que la solución del sistema nos proporciona tanto los multiplicadores de Lagrange como las proporciones a las que hay que invertir en cada uno de los activos para obtener la tasa de rendimiento  $r_p^{**}$  y así el portafolio tenga la mínima varianza dentro de los portafolios que tienen esa tasa esperada de rendimiento.

Cuando se realiza varias veces el procedimiento anterior para un conjunto de valores distintos de  $r_p^{**}$  que sean superiores a  $r_{pm}^*$ , se puede obtener un número suficientemente grande de portafolios de inversión que conformen la frontera eficiente de la que hemos hablado.

Hasta ahora se ha tratado el problema de minimización tomando en cuenta que las ventas en corto están permitidas, sin embargo, en la vida cotidiana la realidad es que la gran

mayoría de los bancos y entidades financieras se enfrentan a diversas restricciones que en muchas ocasiones no permiten realizar ventas en corto. A continuación se analizará esta otra posibilidad para calcular la frontera eficiente.

Para estudiar esta otra posibilidad es necesario realizar una restricción adicional a las ya mencionadas. Esta consiste en que todos los ponderadores deben de ser mayores o iguales a cero, es decir,  $w_i \geq 0$  con  $i = 1, 2, 3 \dots n$ . Tomando en cuenta dicha condición, el problema de optimización ya no puede resolverse mediante las técnicas de Lagrange pues la nueva restricción no es una igualdad estricta. Por lo tanto es necesario recurrir a técnicas de programación y optimización cuadrática<sup>20</sup>.

Para realizar los cálculos en este trabajo, se utilizarán funciones programadas en Matlab para obtener la frontera eficiente de Markowitz.

Finalmente y para fines de nuestro estudio, es necesario mencionar que el modelo de Markowitz y sus supuestos son válidos para las series de tipo de cambio de los diferentes países que se elegirán para invertir y que en cuanto al nivel práctico, como ya se pudo observar, el modelo requerirá de un buen desarrollo estadístico adicionalmente a la suposición de que los datos de tipo de cambio y sus respectivos riesgos históricos serán similares en tiempos futuros<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Algunos autores coinciden en que cuando el número de activos es considerable, es decir mayor de 10, existen algunos programas conocidos, LINDO (es una aplicación para computadoras que se utiliza para resolver problemas de programación lineal, cuadrática y entera) que permiten dar solución a los sistemas de ecuaciones con gran número de incógnitas.

<sup>21</sup> Esta suposición es fuerte en la mayoría de los casos porque da a entender que la inercia del mercado es total en el futuro. Sin embargo, este conflicto lo presentan la mayoría de modelos de comportamiento bursátil.

## 2.2. Valor en riesgo (VaR)

El Valor en Riesgo (VaR) es una medida de riesgo de mercado<sup>22</sup> que estima la pérdida máxima que puede tener una cartera en un intervalo de tiempo con un nivel de confianza dado, bajo condiciones normales de mercado (Jorion, P. 2000). Para el cálculo del VaR se parte del supuesto de que las pérdidas de la cartera o portafolio pueden ser modeladas estadísticamente, estableciendo para ello las posiciones de los activos del portafolio y sus respectivos precios de mercado, con el fin de determinar cuál es el mejor modelo estadístico que estima su comportamiento.

Específicamente, Vilariño (2001) señala que al fijar un nivel de confianza se supone que las pérdidas del portafolio pueden modelarse utilizando la estadística. Para esto, se parte de la posición de los precios de mercado de los activos. Bajo el supuesto de que los rendimientos siguen un comportamiento aleatorio, la valoración de mercado de la cartera también será aleatoria. Siguiendo ésta hipótesis, entonces es posible estimar el valor del portafolio que determina una pérdida máxima a un nivel de confianza dado dentro de una distribución de frecuencias.

Para determinar el VaR será necesario establecer ciertos parámetros, estos son el horizonte temporal, el intervalo de confianza y la cantidad de observaciones utilizadas para el cálculo. A continuación se detalla cada una de éstas variables:

### 1. *Horizonte temporal*

Es el período desde el momento actual hacia el futuro para el cual se estima la pérdida máxima probable.

---

<sup>22</sup> El riesgo de mercado se define como la probabilidad de incurrir en pérdidas derivadas del movimiento adverso en los precios del mercado (Labanda, 2003).

## 2. Nivel de confianza

Se refiere a la probabilidad de que el intervalo estimado contenga el parámetro. En el caso específico del VaR, esta variable indicará el porcentaje de tiempo en el cual se espera no tener pérdidas mayores a las predichas por el modelo. Usualmente los niveles de confianza utilizados se ubican entre 90% y 99%.

## 3. Cantidad de observaciones utilizadas

La cantidad de observaciones que se utilizan como base para los escenarios del VaR es otra decisión que se debe tomar en consideración para calcular este indicador. Al escoger la cantidad de observaciones debe tomarse en cuenta que los períodos cortos le permiten a las estimaciones de VaR reaccionar más rápido a los cambios en los mercados. Por su parte, las series de datos largas permiten obtener distribuciones de los retornos mejor elaboradas, pero pueden no reflejar la situación actual del mercado (Jorion, P. 2000).

### 2.3. Métodos para medir el VaR<sup>23</sup>

Existen varios métodos para calcular el VaR, y estos se clasifican en dos grupos. El primero es el paramétrico y usualmente se implementa con el método denominado Delta-Normal. El segundo grupo se denomina valoración completa o no paramétrica, al cual pertenecen los métodos de Simulación Histórica y de Monte Carlo.

---

<sup>23</sup> Para ahondar más sobre las metodologías utilizadas para el cálculo del VaR, se recomienda consultar: Phillippe Jorion, *Valor en Riesgo*, México, Noriega editores, 2000.

### 1. Método de Simulación Histórica

Esta técnica mide el VaR reconstruyendo las distribuciones de precios o factores de mercado a partir de la historia. Para ello, se simulan escenarios futuros sobre el comportamiento de las variables financieras seleccionadas, por ejemplo: tasas de interés, los tipos de cambio, entre otros, que afectan la valuación de los instrumentos del portafolio, con base en una estructura o distribución determinada, que involucra la media, la volatilidad y la relación existente entre estas variables.

La estimación del VaR histórico se puede agrupar en las siguientes fases:

1.- Se crea una serie histórica del factor de riesgo (FR)

2.- Se construye una serie de rendimientos, es decir, se estiman variaciones logarítmicas diarias de los factores de riesgo .

$$R_{t-i,t-i-1} = \ln\left(\frac{FR_t}{FR_{t-1}}\right)$$

3.-Se estima la serie alternativa del factor de riesgo. Para ello, al valor actual del factor de riesgo se agrega el valor de las variables calculadas.

$$FR_n * \exp\left(\frac{R_2}{R_3}\right) = \left(\frac{FR_2}{FR_3}\right)$$

4.-El portafolio se revalúa con cada uno de los valores estimados de los factores de riesgo.

5.-Se calculan las pérdidas y ganancias del portafolio. Estas se obtienen de la diferencia entre el valor del portafolio estimado en cada uno de los escenarios y el valor del portafolio vigente en la fecha de valuación.

6.- Se ordenan los resultados del portafolio de mayores pérdidas a mayores ganancias y se calcula el VaR con base en un nivel de confianza (percentil o cuantil elegido).

### *Ventajas*

- Es un método robusto, fácil de instrumentar, intuitivo y fácil de explicar.
- Permite agregar riesgos de diferentes mercados (divisas, acciones etc).
- Incorpora las características de no linealidad y efectos gamma y vega (opciones).
- No se hace ningún supuesto sobre la forma de la distribución de los cambios en el valor del portafolio, captura (eventos extremos, colas anchas etc).

### *Desventajas*

- No permite reescalar la estimación del VaR a diferentes horizontes de tiempo (no cumple con la normalidad e independencia de los residuales)
- Con portafolios grandes o estructuras complicadas se vuelve impráctico y computacionalmente caro.

Es importante aclarar que las estimaciones del VaR histórico pueden cambiar de manera muy significativa después de que una observación se excluya de los factores ya que no existen indicadores estadísticos que permitan estimar de manera óptima cuantas observaciones se deben incluir a priori en el cálculo del VaR. Si la series son muy largas de tal forma que incluyan muchos eventos extremos, se pueden ocultar los beneficios del VaR.

## 2. Método Delta Normal

También llamado VaR de varianza y covarianza, supone que el rendimiento de todos los activos está distribuido normalmente, por lo tanto, el rendimiento del portafolio también sigue esta distribución, ya que es una combinación lineal de sus componentes ponderados por su importancia dentro de la cartera.

Este método implica una aproximación local de los movimientos de los precios; por lo que un beneficio esencial de éste es que requiere calcular el valor del portafolio sólo una vez, con los valores actuales de mercado. Por ello, permite manejar un gran número de activos y es fácil de implementar. Además es una buena aproximación cuando se utilizan lapsos de tiempo muy cortos en condiciones normales del mercado.

Dicha metodología asume que los retornos tienen una distribución normal e idénticamente distribuida (es un modelo lineal), de manera que si los retornos esperados para un portafolio de  $n$  activos se definen como:

$$E(R_p) = w' * E(R)$$

entonces la varianza del portafolio se define como:

$$\sigma_p^2 = w' * E(\Sigma) * w$$

donde  $w'$  es el vector transpuesto (es decir, horizontal) de ponderadores que suman uno (ponderación de cada activo que conforma el portafolio), y  $\Sigma$  define la matriz de varianzas y covarianzas para los retornos de  $n$  activos del portafolio.

En términos matriciales la expresión anterior es:

$$\sigma_p^2 = (w_1 w_2 \dots w_n) * \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_N^2 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}$$

forma en la que se puede observar con más claridad la generalización de la varianza de un portafolio de n activos.

La metodología para el cálculo del VaR estará definida entonces:

$$VaR = \phi * \sqrt{w' * E(\Sigma) * w} * \sqrt{T}$$

ó

$$VaR = \phi * \sigma_p * \sqrt{T}$$

donde  $\phi$  representa el ajuste de la volatilidad por el nivel de confianza establecido para el VaR, según la distribución normal estándar. Por ejemplo, para un VaR al 95% de confianza se utilizaría el factor  $\phi=1.645$ , que corresponde al número de desviaciones estándar de la distribución normal con una acumulación del 95% del total de valores. Se incluye el factor T para capturar el período en que se evalúa el valor en riesgo.

La descripción presentada corresponde al método Delta-Normal simple que supone relaciones lineales entre los activos del portafolio. Cuando se incluyen opciones financieras dentro del portafolio de inversión el cálculo del VaR no es muy preciso con modelo lineal, por lo cual se hace necesaria la implementación de un modelo cuadrático para estimar las correlaciones<sup>24</sup>.

Las fases para estimar el VaR varianza-covarianza son:

1. En base a las series históricas de los factores de riesgo (FR), calcular la matriz de varianza-covarianza

<sup>24</sup> Para profundizar sobre esta metodología véase: Hull, 2002, Capítulo 16; y Jorion, 1999, capítulo 11.

$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \dots & \dots & \sigma_N^2 \end{pmatrix}$$

2. Multiplicar los valores de la posición o valor de cada portafolio de FR denotados por  $w$ , por la matriz de varianza-covarianza

$$VaR = \phi^* \sqrt{(w_1 \ w_2 \ \dots \ w_N) \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \dots & \dots & \sigma_N^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{pmatrix} * \sqrt{T}}$$

Donde como ya se mencionó,  $\phi$  es el nivel de confianza,  $\sigma_p$  la matriz de varianzas y covarianzas y  $T$  el horizonte de tiempo.

### Ventajas

- Este es un modelo que permite entender y evaluar las medidas de riesgo.
- La normalidad e independencia permiten una buena aproximación ya que con la media y desviación estándar se puede construir una distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio.
- Se puede plantear un análisis de sensibilidad con diferentes matrices varianza-covarianza.
- A pesar que el modelo no captura eventos extremos la estimación sistemática del VaR permite analizar riesgo y rendimiento y realizar una asignación de capital de rendimiento ajustado por riesgo.

## Desventajas

- La evidencia muestra que los rendimientos de los activos financieros presentan características leptocurticas por lo que se puede subestimar el VaR.
- Las estimaciones son locales ya que considera los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las posiciones financieras. Esto significa que al presentarse eventos extremos, no se observarían las pérdidas en la estimación de la distribución a partir de la matriz de varianza – covarianza (de datos históricos).
- Supone que las relaciones entre los factores de riesgos y los cambios del portafolio son lineales.
- Su explicación requiere de mayores esfuerzos.

### **3. Método de Monte Carlo**

La simulación Montecarlo aproxima el comportamiento de los precios de activos financieros, utilizando simulaciones en computadora para generar caminatas aleatorias de precios. El nombre de Montecarlo se atribuye al famoso casino establecido en 1862 en el sur de Francia como evocación al movimiento aleatorio de la ruleta de los juegos de azar.

El Montecarlo estructurado se utiliza para simular varios escenarios sobre el valor que podría tomar el portafolio en una fecha objetivo. Este es el método analítico más completo para medir los riesgos financieros, sin embargo, implica inversiones costosas en recursos intelectuales y de sistemas.

El modelo asume que las innovaciones o movimientos en el precio del activo no están correlacionadas en el tiempo y que los movimientos pequeños en los precios pueden describirse por:

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dZ_t$$

donde  $dZ$  es una variable aleatoria distribuida normalmente con media cero y varianza  $dt$ . Se dice que se comporta como movimiento browniano porque su varianza decrece continuamente en el intervalo de tiempo y es un proceso geométrico porque todos los precios son escalados por el precio actual  $S_t$ . Los parámetros  $\mu_t$  y  $\sigma_t$  representan la tendencia instantánea y la volatilidad en el tiempo  $t$ .

Para obtener el valor en riesgo con el modelo Montecarlo se siguen los siguientes pasos:

1. A partir de la matriz de varianza-covarianza aplicar la descomposición de Cholesky de tal manera que se obtenga la matriz  $A$ . La matriz  $A$  es tal que  $\Sigma = A^T * A$ , dicha descomposición para el caso de 2 activos se presenta a continuación.

Siguiendo la propuesta de Lara Haro (2008), consideremos la matriz de varianza-covarianza de 2x2:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{pmatrix}$$

Donde  $\sigma_{ij} = \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$

Y sean  $A$  y  $A^T$  las siguientes matrices de 2x2:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad A^T = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix}$$

Entonces se tiene que:

$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix}$$

O bien

$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}^2 & a_{11}a_{12} \\ a_{11}a_{21} & a_{12}^2 + a_{22}^2 \end{pmatrix}$$

Por lo que se sigue que:

$$\sigma_1^2 = a_{11}^2 \Rightarrow a_{11} = \sqrt{\sigma_1^2} = \sigma_1$$

$$\sigma_{12} = a_{11}a_{12} \Rightarrow a_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1} = \frac{\rho_{12}\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1} = \rho_{12}\sigma_2$$

$$\sigma_2^2 = a_{12}^2 + a_{22}^2 \Rightarrow a_{22} = \sqrt{\sigma_2^2 - \rho_{12}^2\sigma_2^2} = \sigma_2\sqrt{1 - \rho_{12}^2}$$

Ahora, al tener los elementos de la matriz A, podemos observar que la matriz de varianza covarianza se descompone de la siguiente forma:

$$\Sigma = A \times A^T = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 \\ \rho_{12}\sigma_2 & \sigma_2\sqrt{1 - \rho_{12}^2} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \sigma_1 & \rho_{12}\sigma_2 \\ 0 & \sigma_2\sqrt{1 - \rho_{12}^2} \end{pmatrix}$$

Es decir,

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho_{12} \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 \end{pmatrix}$$

La generalización para el caso de una matriz de nxn se enuncia a continuación:

Sean  $i$  los renglones y  $j$  las columnas de la matriz  $A$  y sus elementos estarán dados por:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{11}} \left[ \sigma_1^2 - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2 \right]^{1/2}$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{11}} \left[ \sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} a_{jk} \right]^{1/2}$$

Donde  $j = i+1, i+2, \dots, n$

Cabe mencionar que para utilizar la matriz de Cholesky, la matriz de varianza covarianza debe ser definida positiva, es decir, todos los “menores” de la matriz serán positivos. El primer menor es el primer elemento de la matriz de varianza covarianza, el segundo menor es el determinante de la submatriz cuadrada de orden 3 y así sucesivamente.

Si la matriz de varianza covarianza no es definida positiva, puede ser que la matriz incluya dos factores de riesgo que estén perfectamente correlacionados, en ese caso el determinante será cero, o bien podría ser que las volatilidades y correlaciones se obtuvieron con series de tiempo de diferente longitud. En ambos casos será necesario entonces, revisar posibles inconsistencias en la información.

2. Generar una matriz  $X$  de 10,000 números aleatorios con distribución normal  $N(0,1)$ . Para normalizar los números aleatorios una opción es utilizar el método de Box-Muller, de donde:

$$X_1 = \sqrt{-2 \ln U_1} \cos(2\pi U_2) \quad \gamma \quad X_2 = \sqrt{-2 \ln U_1} \text{sen}(2\pi U_2)$$

Nótese que dicha metodología solo funciona en el caso de 2 activos. Para lograr que dichos números aleatorios se distribuyan normal en el caso de 3 o más activos, se deben usar funciones que la mayoría de programas poseen para generar números normalmente distribuidos<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> En el caso del paquete Excel es necesario ocupar la función inversa de una normal estándar ya que por “default” el paquete genera números aleatorios con distribución uniforme. Para el programa Matlab, este genera números aleatorios normales por “default”.

3. Determinar una matriz  $Y = A^T * X$  donde  $Y$  tiene una distribución normal  $N(0,1)$  y en el caso de más de 3 activos su distribución es  $N(0, \Sigma)$ .
4. Generar 10,000 simulaciones de los factores de riesgo mediante  $Z = S_0 e^Y$  donde  $S_0$  es el vector de factores de riesgo vigente.
5. Determinar una serie de pérdidas ó ganancias mediante  $Z - S_t$  donde  $S_t$  es la posición total del portafolio.
6. El valor en riesgo se obtiene de calcular el percentil correspondiente de la serie de pérdidas ó ganancias obtenida.

Es importante señalar que este método permite agregar el VaR a diferentes escalas de tiempo, captura la no linealidad de las opciones y la exactitud de sus estimaciones es mayor que la de otros modelos.

## 2.4. Pruebas retrospectivas. Backtesting

Las pruebas de análisis retrospectivo o por su nombre en inglés el Backtesting, son pruebas *“utilizadas para evaluar el desempeño de las metodologías empleadas en el cálculo del VaR”*<sup>26</sup> es decir son pruebas que buscan determinar si las predicciones de máxima pérdida posible arrojadas por los modelos VaR han sido correctas.

El origen de este tipo de pruebas se remonta a las recomendaciones que el comité de Basilea ha hecho en materia de regulación con respecto al riesgo de mercado, pues de acuerdo con Melo (2005):

---

<sup>26</sup> Melo, Fernando. Becerra, Reinaldo. “Medidas de riesgo, características y técnicas de medición: una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancario de Colombia” p: 42

“recomienda que los requerimientos de capital correspondan a 3 veces el VaR. Esto genera incentivos para que los administradores de riesgo traten de mantener baja dicha medida, lo que puede llevar a una subestimación del riesgo. En consecuencia, el Comité de Basilea recomienda el uso del *Backtesting* como herramienta de regulación, puesto que éste permite analizar si los administradores de riesgo están midiendo el VaR de manera apropiada”

Existen dos métodos básicos para evaluar el desempeño de los modelos VaR que se están utilizando, el primer método es conocido como las tres zonas del Comité de Basilea, y es básicamente un cuadro sugerido por el mismo comité donde se especifica cómo debe de modificarse las veces que el requerimiento debe de ser el VaR dada la calidad del mismo (es decir si el VaR falla en sus predicciones, Cuanto debe de modificarse dicho factor multiplicativo), estas zonas se presentan a continuación:

Zonas	Número de fallas para un periodo de 250 días	Factor multiplicativo
Verde	4 o menos	3
Amarilla	5	3.4
	6	3.5
	7	3.65
	8	3.75
	9	3.85
Roja	10 o mas	4

**Cuadro 2.2. Zonas del Comité de Basilea**

**Fuente: Melo, Fernando. Becerra, Reinaldo. “Medidas de riesgo, características y técnicas de medición: una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancario de Colombia” p: 43**

El segundo método, de acuerdo con Lama (2000), es la prueba de proporción de fallas de Kupiec, misma que consiste en medir:

*“si es que el nivel de significancia propuesto por el VaR es consistente con la proporción de fallas que presenta el modelo. El test lo que hace es modelar la comparación entre las ganancias cambiarias y el VaR mediante una distribución binomial”*

En este caso se considera como un “fracaso” si las pérdidas cambiarias son inferiores al VaR, a dicho evento se le atribuye la probabilidad ( $p^*$ ). Por otro lado cuando el VaR es inferior a las ganancias o pérdidas cambiarias, se tiene un evento de “éxito” con probabilidad ( $1 - p^*$ ). Por lo tanto siguiendo las reglas de una distribución binomial la probabilidad de que el número de fracasos sea igual a “ $x$ ” en una muestra de tamaño “ $n$ ” es:

$$P(x; n; p^*) = \binom{n}{x} (p^*)^x (1 - p^*)^{n-x}$$

Por lo general el VaR se hace a un nivel de confianza del 95% es decir se esperaría que la probabilidad de “fracaso” fuese teóricamente de  $p^* = 5\%$ , por otro lado se debe de calcular la probabilidad de “fracaso” real del modelo VaR, misma que se obtiene a partir de un proceso de máxima verosimilitud sobre la distribución binomial anteriormente propuesta, cuyo resultado es la proporción de fallas del modelo (Porcentaje de veces que el VaR no predice las máximas pérdidas potenciales):

$$p' = \frac{x}{n}$$

Ahora bien, como se mencionó, lo que el modelo de Kupiec busca es observar, si el nivel de significancia propuesto por el modelo VaR, es consistente con el nivel de significancia observado en la realidad, es decir se busca determinar la hipótesis nula de que la probabilidad de falla sea igual a  $1 - \alpha$ . Es decir, si se calcula el VaR con un nivel de confianza del 95%, entonces  $H_0 : p = 0.05$  o si el nivel de confianza es 99%, entonces  $H_0 : p = 0.01$ .

Esta hipótesis nula es contrastada a través de una prueba de razón de verosimilitud de la forma:

$$LR = -2 \ln \left( \frac{(p^*)^x (1 - p^*)^{n-x}}{(p')^x (1 - p')^{n-x}} \right)$$

Esta prueba se distribuye asintóticamente Chi-cuadrado con un grado de libertad, el criterio para aceptar o rechazar la hipótesis nula es el siguiente:

- Si  $p_{\text{tablas Chi}^2} > p^*$  se acepta la hipótesis nula, es decir  $p^* = p'$
- Si  $p_{\text{tablas Chi}^2} < p^*$  se rechaza la hipótesis nula, es decir  $p^* \neq p'$

El resultado arrojado, permitirá saber si el nivel de confianza del modelo VaR es correcto o no.

## Capítulo III. Resultados

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos a través del análisis de portafolios de inversión mediante las teorías expuestas en el capítulo II.

En primer lugar cabe mencionar que se decidió conformar un portafolio diversificado internacionalmente que comprende al dólar, dólar canadiense, libra esterlina, euro, real, rublo y yuan. La cantidad hipotética a invertir fue de \$2,000,000 de pesos mexicanos.

Para decidir qué porcentaje de dicha cantidad se iba a invertir en cada una de las monedas en cuestión se recurrió a la metodología propuesta por Markowitz. En seguida se explica con detalle los datos resultantes de dicho análisis.

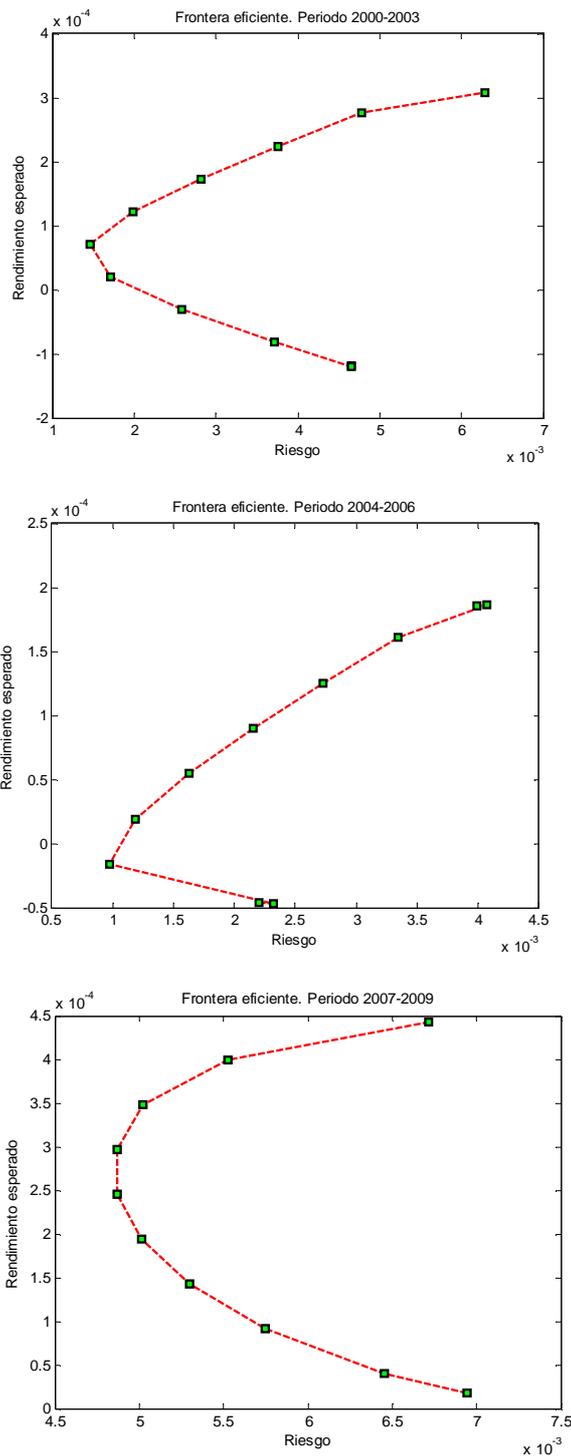
### **3.1. Construcción del Portafolio. Enfoque Markowitz**

Para poder tomar una decisión sobre el porcentaje de riesgo que se estaba dispuesto a afrontar y el rendimiento asociado a este, se construyeron las fronteras eficientes en cada uno de los periodos a analizar. Dichos periodos corresponden a los años 2000-2003, 2004-2006 y 2007-2009; a continuación se presentan las fronteras eficientes correspondientes a cada periodo tomando en cuenta series diarias de tipo de cambio.

Como se observa en el gráfico 3.1, la frontera eficiente correspondiente al periodo 2000-2003 es la que presenta una posibilidad mayor de obtener rendimientos bajos asociados a un nivel de riesgo, sin embargo a estos mismos niveles también representa una posibilidad “intermedia” para obtener rendimientos mayores respecto a los otros 2 periodos de análisis, dados los datos de tipos de cambio.

Respecto al periodo 2004-2006, también se registraron rendimientos negativos a ciertos niveles de riesgo, pero dichos rendimientos fueron “menos” negativos respecto al periodo anterior ya que el valor más bajo que se puede alcanzar es de aproximadamente de  $-.005\%$ , mientras que en 2000-2003 el más bajo fue de  $-.01\%$ . En cuanto a los rendimientos positivos, estos son más bajos respecto al 2000-2003 pues, por citar un ejemplo, a un riesgo de  $.4\%$  en 2004-2006 se obtuvo un rendimiento de cerca de  $.02\%$  diario, mientras que en 2000-2003 a ese mismo nivel de riesgo se asocia aproximadamente  $.024\%$  de rendimiento esperado diario.

Por otra parte, en el periodo 2007-2009 se observan solo rendimientos positivos y además dichos rendimientos son un poco más significativos al asumir mayores riesgos.



Al regresar al panel correspondiente a 2004-2006 es fácil deducir que los rendimientos en este periodo fueron más bajos respecto a los otorgados en 2007-2009 aunque con mayor exposición al riesgo.

Por otra parte, al realizar una comparación del último periodo con respecto al primer periodo (2000-2003), para riesgos de .5% los rendimientos esperados en 2007-2009 son mayores en .005% mostrando un comportamiento creciente a mayor exposición al riesgo, pues en un nivel de riesgo de .65% el rendimiento diario es de .044%, es decir .014% mayor que en el 2000-2003. Estos resultados indican que entre el año 2000 y el 2009 hubo una mejora en cuanto a los rendimientos que otorgó el mercado. Dadas las comparaciones anteriores es evidente que el periodo 2004-2006 es el que otorgó los rendimientos más bajos, lo cual se explica debido a la fuerte crisis “suprime” que se generó en Estados Unidos repercutió en las economías mundiales.

**Gráfico 3.1 Frontera eficiente. Periodos 2000-2003,2004-2006,2007-2009**

Los rendimientos crecientes registrados en 2007-2009 se explican, a su vez, por el comienzo de la recuperación en 2008 de la crisis anteriormente mencionada.

Por último cabe mencionar que es probable que los rendimientos registrados en 2000-2003 se expliquen debido a un periodo de estabilidad económica relativa.

Como ya se mencionó en el capítulo II, los puntos que podrían ser de interés para cualquier inversionista son aquellos que permiten obtener rendimientos positivos asociados a determinado nivel de riesgo, es decir, la parte superior de la frontera eficiente. Para poder tomar una decisión sobre las posibilidades de inversión, se tomó como punto de referencia los rendimientos promedio de cada portafolio por periodo y se pidió tener un rendimiento superior a este, así mismo se tuvo cuidado en elegir un portafolio que estuviese diversificado con no menos de 5 activos. Adicionalmente se tomó en consideración que el inversionista hipotético tendría un perfil de riesgo intermedio, es decir, más o menos arriesgado.

En el periodo 2000-2003 el rendimiento promedio diario del portafolio fue de 0.012%, así que se optó por elegir una combinación que fuera superior. El rendimiento elegido se muestra en el cuadro 3.2 y asciende a 0.20% diario con un nivel de riesgo de .32%; para esta elección los porcentajes de inversión consistieron en 26.46% en dólares, 11.32% en dólares canadienses, 17.88% en libras esterlinas, 19.86% en euros, 0% en reales, 15.27% en rublos y 9.2% en yuanes, lo cual suma 100% de la inversión.

Como se puede observar, en este periodo se generaron otras proporciones de inversión que conllevan a mayores o menores ganancias, obviamente, siguiendo la regla general que dicta que a “mayores rendimientos, mayores riesgos e inversamente”.

Es posible ver que en algunos casos la composición de los portafolios se vería muy poco diversificada pues consiste en 3 activos e incluso de 1 solo activo como es el caso de las

combinaciones que dan .034% y .038% de rendimiento diario con .694% y .897% de riesgo respectivamente, dichas combinaciones son las que dan los mayores rendimientos a mayor riesgo.

Un dato interesante es el hecho de que en la mayoría de las proporciones de activos que arrojó este análisis, el real juega un papel poco importante ya que su nivel de participación es solo de .47% en la opción 1 que es la que otorgó el menor rendimiento, mientras que en las demás posibilidades su participación es nula. Las monedas que en general mostraron mayor porcentaje de inversión son en primer lugar el dólar, seguido del euro, la libra esterlina y el dólar canadiense, lo cual puede ser un indicador de que estas monedas fueron las más fuertes en este periodo.

Portafolio	Porcentaje de Inversión							Rendimiento Diario	Riesgo Diario
	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan		
1	7.32%	2.33%	2.09%	1.90%	0.47%	45.60%	40.29%	0.005%	0.139%
2	11.91%	4.53%	5.90%	6.23%	0.00%	38.41%	33.03%	0.009%	0.156%
3	16.76%	6.79%	9.90%	10.77%	0.00%	30.70%	25.09%	0.012%	0.200%
4	21.61%	9.06%	13.89%	15.31%	0.00%	22.98%	17.15%	0.016%	0.258%
5	<b>26.46%</b>	<b>11.32%</b>	<b>17.88%</b>	<b>19.86%</b>	<b>0.00%</b>	<b>15.27%</b>	<b>9.20%</b>	<b>0.020%</b>	<b>0.322%</b>
6	31.31%	13.59%	21.88%	24.40%	0.00%	7.56%	1.26%	0.023%	0.390%
7	30.61%	12.55%	25.99%	30.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.027%	0.462%
8	12.61%	9.51%	30.06%	47.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.030%	0.563%
9	0.00%	1.24%	29.59%	69.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.034%	0.694%
10	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.038%	0.897%

### Cuadro 3.2. Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2000-2003

Por su parte, en el periodo 2004-2006 el rendimiento diario promedio del portafolio fue de .006%, así que conservando el mismo perfil de riesgo para el inversionista, se eligió invertir en la combinación que nos permitiese obtener un rendimiento diario de .018%, enfrentando un riesgo de .361%. Dicho portafolio se muestra en el cuadro 3.3 y estuvo constituido por 0% de dólares, 13.29% de dólares canadienses, 16.35% de libras esterlinas, 0% de euros, 46.49% de reales, 9.16% de rublos y 14.71% de yuanes, lo cual se puede explicar debido a que en esos años comenzó a tomar fuerza la crisis “subprime” originada en E.U.A, situación que debilitó al dólar y al euro respecto a otras monedas.

Al igual que en el periodo anterior (2000-2003), conforme aumentaron los rendimientos, la diversificación del portafolio se vio afectada ya que para rendimientos más altos de .030% y .034% con .594% y .696% de riesgo respectivamente, el número de activos que participaron en dichos portafolios fue de 3 y 1.

Las monedas más débiles, como ya se mencionó fueron el dólar y el euro pues su participación fue muy baja para portafolios con rendimientos más pequeños y nula para portafolios con posibilidad de otorgar ganancias más altas. En cuanto a las monedas más fuertes, se puede nombrar primeramente al real, seguido del dólar canadiense, libra esterlina, rublo y yuan; este comportamiento sugiere que las monedas de los países americanos otorgaron mejores rendimientos que las de los países europeos y asiáticos.

Portafolio	Porcentaje de Inversión							Rendimiento Diario	Riesgo Diario
	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan		
1	4.52%	0.00%	2.38%	8.92%	1.34%	44.43%	38.41%	-0.002%	0.094%
2	3.35%	4.05%	5.11%	4.55%	10.10%	37.73%	35.11%	0.002%	0.117%
3	2.19%	8.19%	7.83%	0.14%	18.86%	31.03%	31.77%	0.006%	0.166%
4	0.61%	9.96%	10.66%	0.00%	28.05%	24.22%	26.49%	0.010%	0.227%
5	0.00%	11.64%	13.50%	0.00%	37.27%	16.86%	20.73%	0.014%	0.292%
6	<b>0.00%</b>	<b>13.29%</b>	<b>16.35%</b>	<b>0.00%</b>	<b>46.49%</b>	<b>9.16%</b>	<b>14.71%</b>	<b>0.018%</b>	<b>0.361%</b>
7	0.00%	14.94%	19.19%	0.00%	55.71%	1.46%	8.70%	0.022%	0.430%
8	0.00%	14.62%	16.90%	0.00%	68.47%	0.00%	0.00%	0.026%	0.505%
9	0.00%	5.56%	10.16%	0.00%	84.28%	0.00%	0.00%	0.030%	0.594%
10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.034%	0.696%

### Cuadro 3.3. Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2004-2006

Respecto al periodo 2007-2009, el rendimiento diario promedio obtenido para este portafolio fue de 0.0258%. Debido a que en este periodo se registraron mejores rendimientos, los cuales se reflejan en el gráfico correspondiente a la frontera eficiente de este periodo, se tomó la decisión de invertir en un portafolio que otorgara un rendimiento del .0323% diario, con un riesgo de .4922%. Las proporciones de inversión de dicho portafolio se pueden observar en el cuadro 3.4 y son de 27.95% en dólares, 24.68% en dólares canadienses, 1.59% en libras esterlinas, 0% en euros, 21.03% en reales, 9.10% en rublos y 15.65% en yuanes. Dichas cifras nos indican que el euro y la libra esterlina fueron las monedas menos convenientes para invertir, lo que se puede explicar en base a las

condiciones de crisis en países europeos durante algunos años comprendidos en este periodo.

Al observar de forma general, se puede apreciar que al igual que en los casos anteriores, a mayores rendimientos, se asocia un riesgo mayor y el efecto de diversificación se pierde, tal es el caso de la combinación 9 que presenta la posibilidad de invertir 69.22% en reales y 30.78% en yuanes con un rendimiento diario de .0476% y riesgo de .8158%, mientras que la combinación de portafolio 10 sugiere una inversión de 100% en reales para obtener las máximas ganancias diarias posibles que ascienden a .0502% afrontando un riesgo de 1.0640%.

Adicionalmente, cabe mencionar que en la mayoría de posibilidades de inversión que se presentan, la moneda con mayor participación es en primer lugar el real, en segundo lugar el yuan, seguido del dólar canadiense, el dólar, el rublo, la libra esterlina y por último el euro. Esto puede indicar que el peso mexicano ha ido apreciando respecto a la moneda Brasileña y China.

Portafolio	Porcentaje de Inversión							Rendimiento Diario	Riesgo Diario
	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan		
1	28.23%	21.45%	10.67%	0.00%	18.52%	11.45%	9.68%	0.0271%	0.4851%
2	28.09%	23.06%	6.13%	0.00%	19.78%	10.27%	12.67%	0.0297%	0.4869%
3	<b>27.95%</b>	<b>24.68%</b>	<b>1.59%</b>	<b>0.00%</b>	<b>21.03%</b>	<b>9.10%</b>	<b>15.65%</b>	<b>0.0323%</b>	<b>0.4922%</b>
4	27.02%	25.54%	0.00%	0.00%	23.62%	5.92%	17.90%	0.0348%	0.5022%
5	25.67%	25.99%	0.00%	0.00%	26.93%	1.66%	19.75%	0.0374%	0.5214%
6	19.11%	25.20%	0.00%	0.00%	32.89%	0.00%	22.81%	0.0399%	0.5531%
7	9.22%	23.61%	0.00%	0.00%	40.53%	0.00%	26.64%	0.0425%	0.6095%
8	0.00%	20.49%	0.00%	0.00%	48.91%	0.00%	30.60%	0.0451%	0.6861%
9	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	69.22%	0.00%	30.78%	0.0476%	0.8158%
10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.0502%	1.0640%

**Cuadro 3.4. Porcentaje de inversión, rendimiento y riesgo. Periodo 2007-2009**

En seguida se presenta detalladamente la composición de cada portafolio expresada en pesos mexicanos. En el cuadro 3.5 es posible apreciar en el renglón de “posición” el número de dólares, dólares canadienses, libras esterlinas, euros, reales, rublos y yuanes que poseía el inversionista al 31 de Diciembre de 2003. En la parte de “valor de la posición” se ve reflejada la cantidad de pesos mexicanos que se tenía invertida en cada moneda extranjera, siendo que para esta fecha, el mayor monto de inversión fue de

\$529,246 en dólares, seguido de \$397,116 en euros, \$357,669 en libras esterlinas, \$305,439 en rublos, \$226,459 en dólares canadienses y \$184,070 en yuanes.

En la casilla del precio, se indica el valor en pesos, también al 31 de Diciembre de 2003, de cada una de las monedas que conforman el portafolio. Cabe aclarar que dichos precios son los que se tomaron en cuenta para realizar las proyecciones de los portafolios en cada método del VaR.

Fecha Actual	31/12/2003	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan
Precio		\$ 11.23	\$ 8.65	\$ 20.00	\$ 14.14	\$ 3.88	\$ 2.60	\$ 1.36
Porcentaje de inversión		<b>0.2646</b>	<b>0.1132</b>	<b>0.1788</b>	<b>0.1986</b>	<b>0</b>	<b>0.1527</b>	<b>0.0920</b>
Posicion		47,149	26,178	17,884	28,083	0	117,283	135,645
Valor en posición		\$ 529,246	\$ 226,459	\$ 357,669	\$ 397,116	\$ -	\$ 305,439	\$ 184,070
Valor del Portafolio		<b>\$2,000,000</b>						

### Cuadro 3.5. Composición portafolio de inversión. Periodo 2000-2003

Las generalidades del portafolio del 2004-2006 se observan en el cuadro 3.6. La fecha de la valuación de dicho portafolio es el 29 de Diciembre de 2006; el monto invertido en cada una de las monedas de mayor a menor asciende a \$929,816 en reales, \$326,919 en libras esterlinas, \$294,230 en yuanes, \$265,786 en dólares canadienses y \$183,249 en rublos.

Nótese que respecto al periodo anterior, en este portafolio fue más óptimo eliminar la inversión en dólares y euros y reemplazarla, por el contrario, con un mayor porcentaje de reales, el cual representa alrededor del 46% del total de portafolio.

Respecto a los precios que aparecen en este cuadro, corresponden a los del 29 de Diciembre de 2006 y al igual que en el periodo anterior, se utilizan para los cálculos del valor en riesgo.

Fecha Actual	29/12/2006	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan
Precio		\$ 10.90	\$ 9.27	\$ 21.28	\$ 14.26	\$ 5.06	\$ 2.43	\$ 1.38
Porcentaje de inversión		0	0.1329	0.1635	0	0.4649	0.0916	0.1471
Posicion		0	28,680	15,364	0	183,831	75,281	212,594
Valor en posición		\$ -	\$ 265,786	\$ 326,919	\$ -	\$ 929,816	\$ 183,249	\$ 294,230
Valor del Portafolio		\$2,000,000						

**Cuadro 3.6. Composición del portafolio de inversión. Periodo 2004-2006**

En el último periodo, como se puede ver en el cuadro 3.7, la composición del portafolio cambió respecto los dos periodos anteriores, pues a diferencia del 2000-2003 se deja de invertir en euros y se invierte en reales, mientras que en 2004-2006 se opta por adoptar de nuevo inversiones en dólares. Dichas inversiones, reflejan una mayor valor en posición, es decir, se tienen \$558,914 invertidos en dólares, \$493,555 en dólares canadienses, \$420,627 en reales, \$313,066 en yuanes, \$181,997 en rublos y \$31,842 en libras esterlinas.

Fecha Actual	31/12/2009	Dólar	Dólar canadiense	Libra esterlina	Euro	Real	Rublo	Yuan
Precio		\$ 12.94	\$ 12.46	\$ 20.68	\$ 18.66	\$ 7.50	\$ 2.28	\$ 1.90
Porcentaje de inversión		0.2795	0.2468	0.0159	0	0.2103	0.0910	0.1565
Posicion		43,182	39,611	1,540	0	56,054	79,837	164,425
Valor en posición		\$ 558,914	\$ 493,555	\$ 31,842	\$ -	\$ 420,627	\$ 181,997	\$ 313,066
Valor del Portafolio		\$2,000,000						

**Cuadro 3.7. Composición del portafolio de inversión. Periodo 2007-2009**

Los resultados anteriores, nos confirman que el periodo menos conveniente para invertir en dólares y euros fue el 2004-2006 pues los portafolios con esas combinaciones no hicieron posible obtener un nivel de rendimiento deseado.

Por el contrario, para esos años, el real fue la mejor opción para invertir y obtener ganancias más altas.

### 3.2. Comparativo VaR Histórico, Varianza-Covarianza y Montecarlo

A continuación, se mostrarán los resultados inherentes a los cálculos de VaR por cada una de las metodologías sugeridas.

En el cuadro 3.8 se puede apreciar que a un nivel de 95% de confianza la cifra de valor en riesgo más alta fue la referente al método de Varianza-Covarianza, siendo mayor que la del método Montecarlo por una cantidad mínima de \$4 y mayor en \$1,155 que el método Histórico.

A un nivel de confianza del 99%, el método Histórico fue el que arrojó la cifra más robusta que asciende a \$15,883, seguido del método Montecarlo cuyo valor se mostró \$833 menor que dicho método. Adicionalmente, se puede observar que el método Varianza-Covarianza, contrario a los resultados a un nivel de confianza del 95%, resultó ser el que registró una menor pérdida potencial comparada con los otros dos métodos.

Horizonte	Un día	VaR -Periodo 2000-2003		
		Histórico	Covarianza	Montecarlo
Nivel de	95%	\$9,485.00	\$10,640.00	\$10,636.00
Confianza	99%	\$15,883.00	\$14,960.00	\$15,050.00

**Cuadro 3.8. Comparativo del VaR del portafolio 2000-2003**

Para el periodo 2004-2009, se aprecia en el cuadro 3.9 que a nivel de confianza del 95% la mayor pérdida potencial la registra el método de Varianza-Covarianza, seguido del método Histórico y el Montecarlo. Dicha tendencia es muy similar a la del periodo 2000-2003.

Así mismo, los resultados sugieren que para un nivel de confianza del 99% el método con mayor cantidad de pérdida es el Histórico. Dicha pérdida es \$6,058 y \$6,135 mayor que la calculada en el método de Varianza-Covarianza y el método Montecarlo, respectivamente.

Horizonte	Un día	VaR -Periodo 2004-2006		
		Histórico	Covarianza	Montecarlo
Nivel de	95%	\$11,861.00	\$11,904.00	\$11,837.00
Confianza	99%	\$22,796.00	\$16,738.00	\$16,661.00

**Cuadro 3.9. Comparativo del VaR del portafolio 2004-2006**

Por último, para el periodo 2007-2009, se observa que en ambos niveles de confianza, la tendencia es parecida a la de los dos periodos anteriores ya que para un 95% de confianza, la mayor pérdida se registra con el método Varianza-Covarianza, pero esta vez, seguido por el método Montecarlo y por el método Histórico (cuya diferencia respecto al Covarianza fue de \$265 y \$1,886 respectivamente).

Por su parte, en el nivel de confianza del 99% la pérdida potencial mayor se registra en el cálculo del método Histórico, seguido del método Montecarlo y el método Varianza-Covarianza. Dichas pérdidas varían respecto al método histórico en \$6,670 y \$6,629 respectivamente.

Horizonte	Un día	VaR -Periodo 2007-2009		
		Histórico	Covarianza	Montecarlo
Nivel de	95%	\$14,356.00	\$16,242.00	\$15,977.00
Confianza	99%	\$29,507.00	\$22,837.00	\$22,878.00

**Cuadro 4.1. Comparativo del VaR del portafolio 2004-2006**

### 3.3. Resultados del Backtesting

Para poder corroborar la eficiencia de los modelos del VaR y por lo tanto los resultados que arrojaron (y que se presentaron anteriormente), se realizó una prueba de contraste basada en el Test de proporción de fracasos de Kupiec. Los resultados de dicha prueba se presentan a continuación.

En el gráfico 4.2 a un nivel de confianza del 95%, se observan en color rojo las pérdidas o ganancias a diferentes periodos comenzando por el periodo del 3/01/2000 al 1/01/2001 e incrementando un mes hasta llegar al periodo que engloba del 3/01/2000 al 31/12/2003.

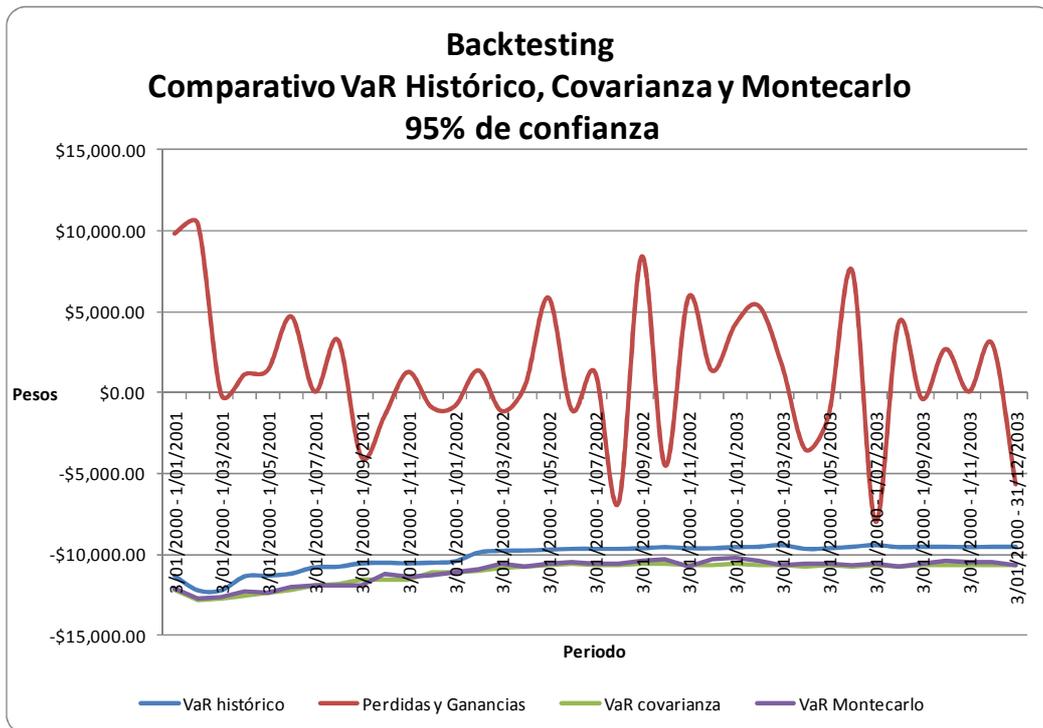
Las tendencias del VaR indican que para este periodo, el método que más se ajustó a la pérdida real fue el Histórico ya que es el que menos sobrevalora las posibles pérdidas.

Dado que las pérdidas asociadas no rebasaron las cifras del VaR en ningún periodo del año 2000 al 2003, no fue posible realizar el test de proporción de fallas.

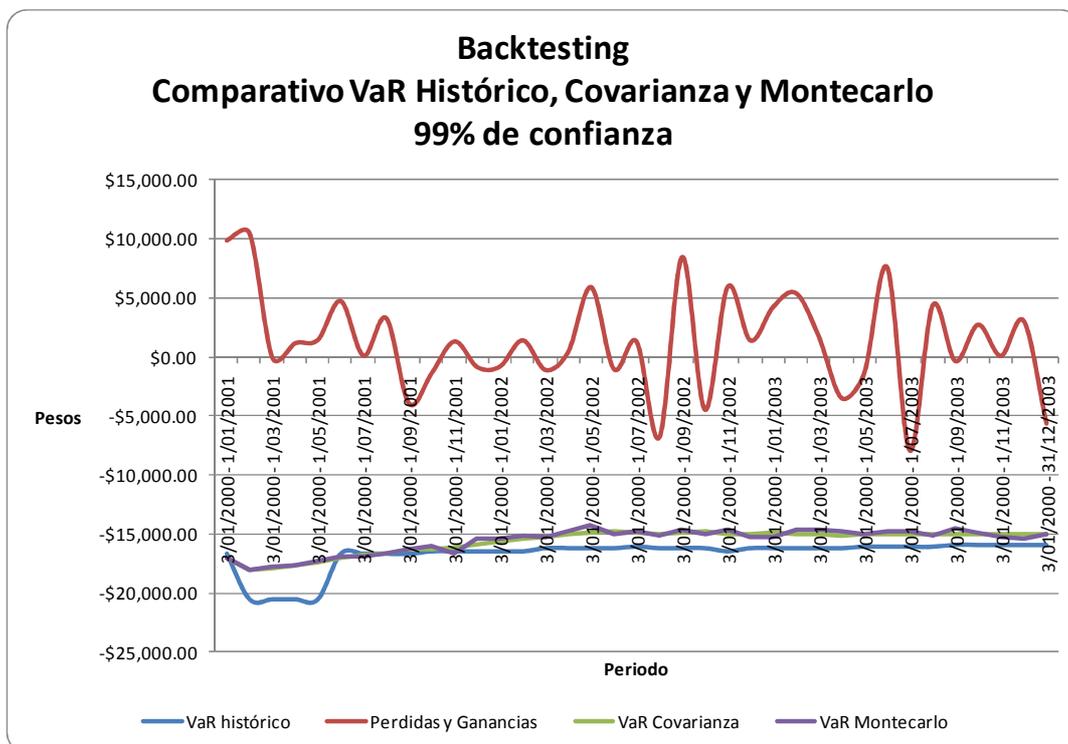
De forma similar, en el gráfico 4.3 se observa que a un nivel de confianza del 99% las pérdidas potenciales no rebasaron los niveles de VaR calculados, razón por la que, al igual que en el nivel de confianza del 95%, tampoco se realizó el test de proporciones.

En este caso los sub-periodos de análisis fueron los mismos que en el caso anterior y el método de VaR que menos sobrevaloró las pérdidas reales fue en primer lugar el Montecarlo, seguido del método de Varianza-Covarianza.

Así pues se puede inferir que en ambos casos, dichos modelos lograron un buen nivel de captación de las pérdidas potenciales.



**Gráfico 4.2. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2000-2003**



**Gráfico 4.3. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2000-2003**

Las pérdidas y ganancias reales del periodo 2004-2006 se muestran en el gráfico 4.5 y 4.6, para niveles de confianza de 95% y 99% respectivamente. En estos gráficos se observa que en el periodo del 1/01/2004 al 1/10/2005 ocurrió una pérdida que para el nivel de confianza del 95%, ascendió a \$16,734.08 .

Dicha pérdida representa una falla en casi todos los modelos del VaR pues en el caso del cálculo por el método Histórico a nivel de confianza del 99% si se pudo captar la magnitud de esta pérdida.

Los métodos del VaR que más se acercaron a la predicción de dicha pérdida, en el caso de ambos niveles de confianza fueron el Montecarlo y el Varianza-Covarianza, sin embargo tales predicciones quedaron aproximadamente \$5,000 arriba de la pérdida real en todos los casos.

Dado que al menos hubo una falla en las predicciones del VaR, se realizó el test de proporciones de Kupiec, cuyos resultados se presentan en el cuadro 4.4.

El número de estimaciones del VaR ( $x$ ) para cada uno de los métodos propuestos que se realizaron de 2004 a 2006 fue de 25. Los resultados para ambos niveles de confianza (1-P) y para todos los modelos del VaR, dado que el valor del estimador de máxima verosimilitud fue menor que el valor crítico de una Chi cuadrada con un grado de libertad al 95% y 99% , indican que la hipótesis nula se acepta, es decir, con el nivel de confianza especificado no podemos rechazar que  $P=P^*$  y por tanto se acepta la hipótesis nula de que la proporción de fallas es similar a la significancia estadística propuesta en el modelo, por lo que el número de fallas del backtesting de este periodo para los tres modelos es compatible con el nivel de confianza utilizado para el cálculo del VaR.

Test de proporción de fallas de Kupiec 2004-2006				
Nivel de confianza 95%	n=25	P=.05	P*=0 (x/n)	Prueba Hipótesis
VaR	Fallas (x)	Estimador Máxima Verosilimitud	Valor crítico Chi2	
Histórico	1	0.0563	3.84	se acepta Ho
Varianza-Covarianza	1	0.0563	3.84	se acepta Ho
Montecarlo	1	0.0563	3.84	se acepta Ho
Nivel de confianza 99%	n=25	P=.01	P*=0 (x/n)	Prueba Hipótesis
VaR	Fallas (x)	Estimador Máxima Verosilimitud	Valor crítico Chi2	
Histórico	0	-	-	-
Varianza-Covarianza	1	0.0563	6.63	se acepta Ho
Montecarlo	1	0.0563	6.63	se acepta Ho

Cuadro 4.4. Test de Proporción de fallas de Kupiec. Periodo 2004-2006

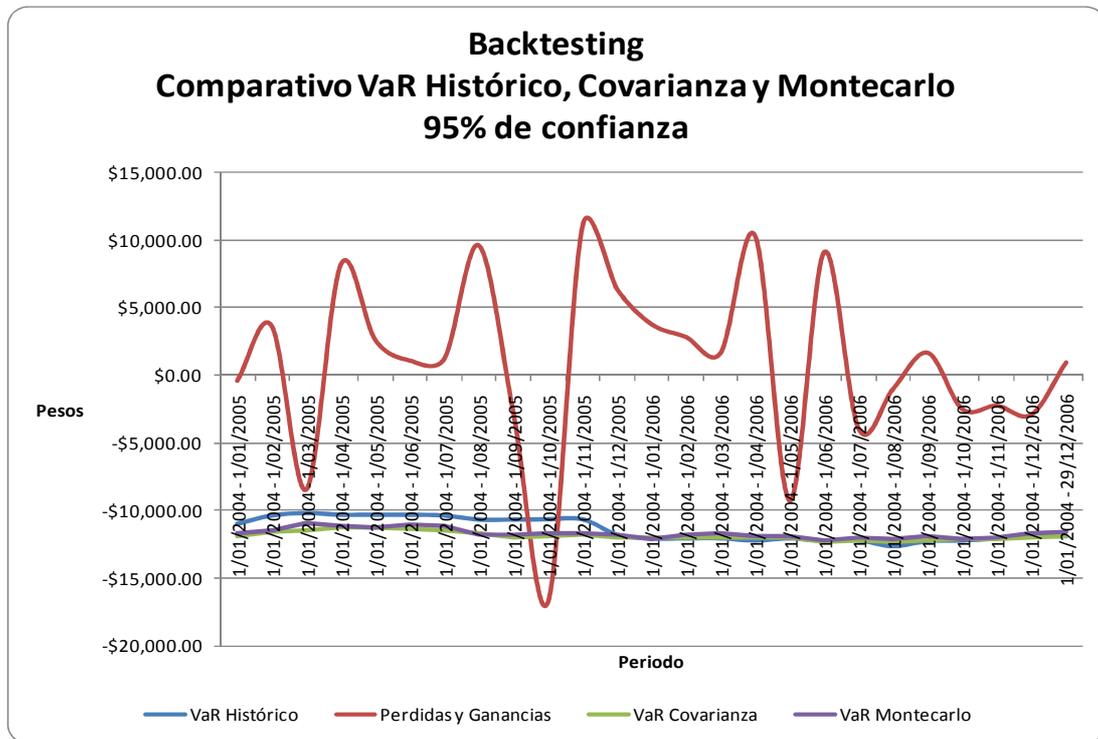
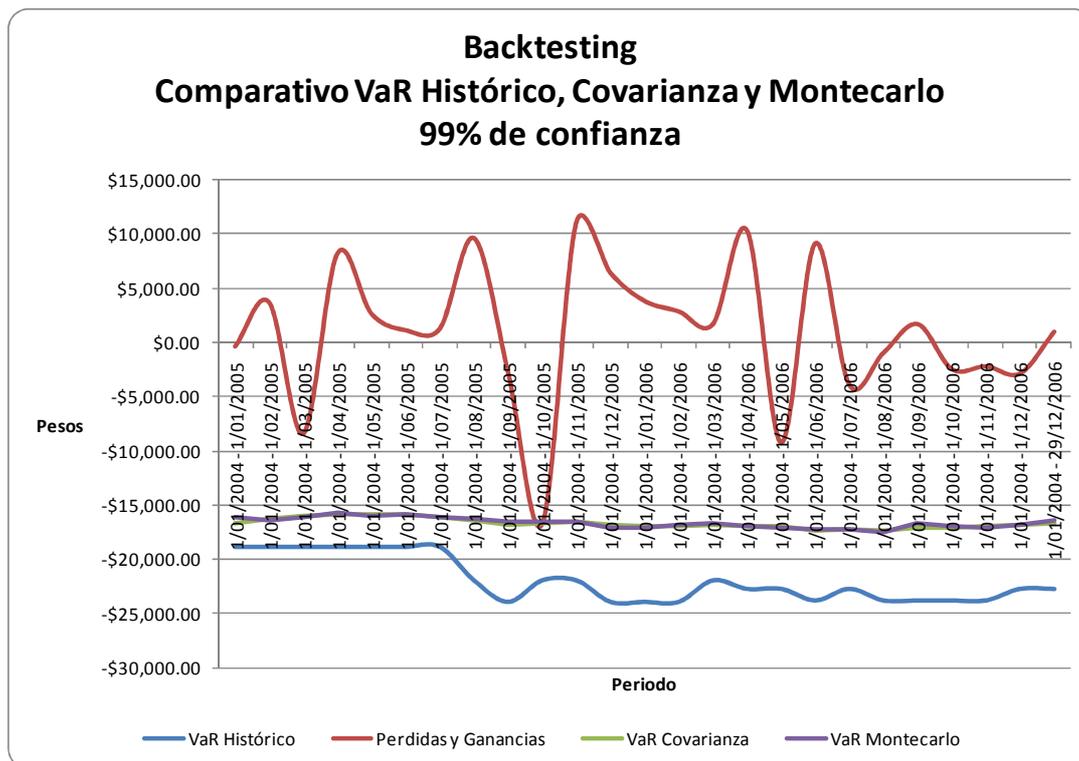


Gráfico 4.5. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2004-2006



**Gráfico 4.6. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2004-2006**

En el caso del último periodo de estudio, como se observa en los gráficos 4.8 y 4.9, las pérdidas reales sobrepasaron los niveles del VaR en los periodos del 1/01/2007 - 1/08/2008, 1/01/2007 - 1/12/2008, 1/01/2007 - 1/01/2009 y 1/01/2007 - 1/04/2009 con pérdidas que ascendieron a \$8,655.51, \$23,746.42, \$26,647.11 y \$23,440.86 respectivamente.

Para el nivel de confianza del 95%, los métodos del VaR que se aproximaron más a las pérdidas reales fueron el Varianza-Covarianza y el Montecarlo, mientras que para el nivel de confianza del 99% el método que captó mejor dichas pérdidas fue el Histórico ya que fue eficiente en todos los casos, incluyendo la pérdida más significativa que se registró entre el 1/12/2008 y el 1/01/2009.

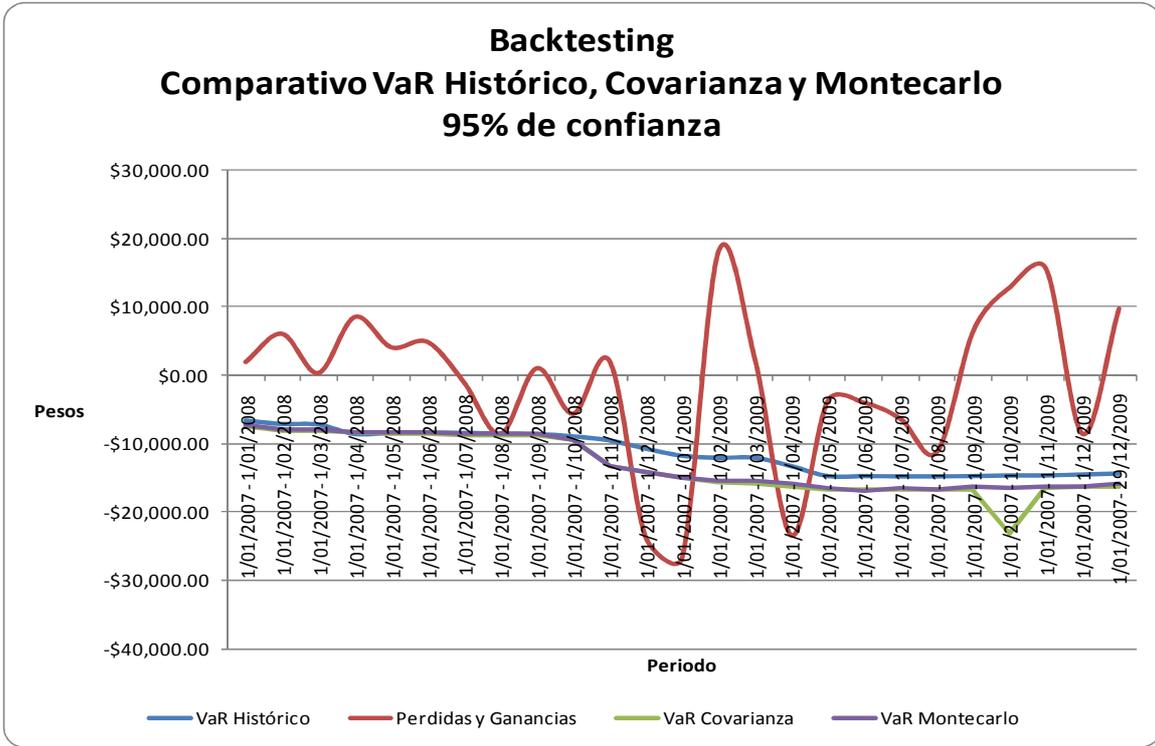
Los métodos de Varianza-Covarianza y Montecarlo, por su parte, captaron bien las pérdidas reales hasta aproximadamente la mitad del periodo 2007-2009.

En cuanto a la prueba de proporciones de Kupiec, se puede observar en el cuadro 4.7 que a nivel del 95% de confianza tanto en el método Histórico como el método Montecarlo se registraron 4 fallas dadas 25 observaciones de VaR, por lo que al comparar el valor del estimador máximo verosímil con el valor crítico de una Chi cuadrada con un grado de libertad al 95% se tiene que se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que la proporción de fallas no es similar a la significancia propuesta por cada uno de los modelos por lo que el modelo Histórico y el Montecarlo no resultaron compatibles con el nivel de confianza que se utilizó. Así pues para este nivel de confianza el método que fue más adecuado es el Varianza-Covarianza.

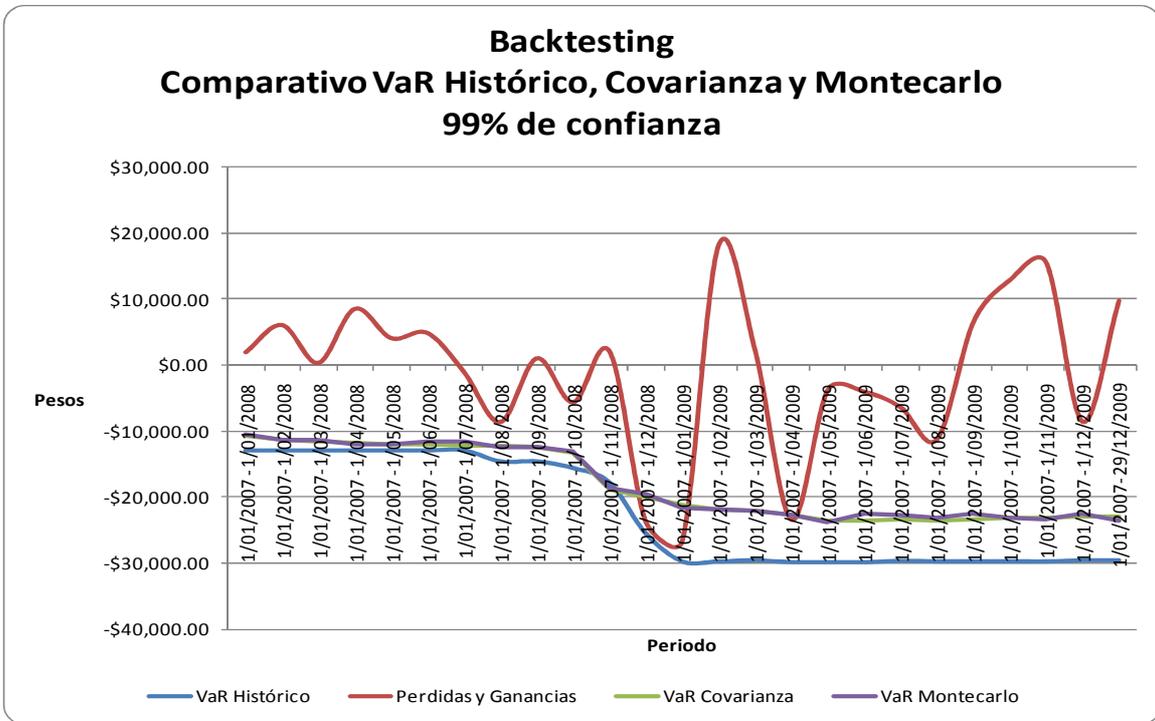
Al nivel de confianza del 99%, se puede inferir el mejor método del VaR fue el Histórico ya que no presentó ninguna falla, sin embargo y a pesar de haberse detectado 3 fallas en cada uno de los otros dos métodos, al realizar las pruebas de hipótesis se llegó a la conclusión de que se aceptó la hipótesis  $H_0$ , lo que nos indica que dichos métodos son congruentes con el nivel de confianza para el cálculo del VaR.

Test de proporción de fallas de Kupiec 2007-2009				
Nivel de confianza 95%	n=25	P=.05	P*=0 (x/n)	Prueba
VaR	Fallas (x)	Estimador Máxima Verosilimitud	Valor crítico Chi2	Hipótesis
Histórico	4	4.1367	3.84	se rechaza Ho
Varianza-Covarianza	3	1.8850	3.84	se acepta Ho
Montecarlo	4	4.1367	3.84	se rechaza Ho
Nivel de confianza 99%	n=25	P=.01	P*=0 (x/n)	Prueba
VaR	Fallas (x)	Estimador Máxima Verosilimitud	Valor crítico Chi2	Hipótesis
Histórico	0	-	-	-
Varianza-Covarianza	3	1.8850	6.63	se acepta Ho
Montecarlo	3	1.8850	6.63	se acepta Ho

**Cuadro 4.7. Test de Proporción de fallas de Kupiec. Periodo 2007-2009**



**Gráfico 4.8. Backtesting 95% de confianza. Periodo 2007-2009**



**Gráfico 4.9. Backtesting 99% de confianza. Periodo 2007-2009**

# Conclusiones

La importancia de obtener información fidedigna acerca de cómo y en qué utilizar el capital de los inversionistas, se ha incrementado en los últimos años como consecuencia directa de la globalización de los mercados internacionales. Es por ello que se han implementado diversas técnicas para poder tomar decisiones sobre en qué tipo de activos invertir y su respectiva proporción de acuerdo, desde luego, con el perfil de aversión al riesgo de un inversionista. Así mismo se han desarrollado modelos que permiten realizar predicciones a cerca de las posibles pérdidas que dichos inversionistas podrían enfrentar dada una inversión en activos riesgosos.

Una forma para decidir la proporción de inversión en diversos activos es el enfoque de media-varianza de Markowitz que permite obtener portafolios eficientes a determinado nivel de riesgo o nivel de rendimiento. Para cuantificar las pérdidas potenciales inherentes a las inversiones, se han implementado, por su parte, modelos de Valor en Riesgo (VaR) en sus versiones distintas versiones como lo son el VaR-Histórico, el VaR-Varianzas-Covarianzas y el VaR-Montecarlo.

La inspiración para realizar el presente estudio surgió de la necesidad de ahondar en el conocimiento de las metodologías anteriormente mencionadas y su implementación a datos reales que se registraron en los mercados.

Considerando lo anterior, el objetivo de las tesis fue medir y cuantificar las pérdidas potenciales de tres portafolios de inversión con monto de \$2,000,000 en los periodos 2000-2003, 2004-2006 y 2007-2009, compuestos por monedas tales como el dólar, dólar

canadiense, libra esterlina y euro que pertenecen a países desarrollados y monedas de países en vías de desarrollo tales como el real, rublo y yuan.

Al conformar la frontera eficiente de Markowitz, se decidió establecer un grado de inversión en el que para cada activo no se excediera un nivel máximo del 40% , esto con el propósito de no perder el efecto de diversificación internacional. Así mismo se establecieron niveles de rendimiento y por tanto de riesgo de acuerdo al perfil de un inversionista hipotético medianamente adverso al riesgo.

Cada uno de los portafolios óptimos que se eligieron de la frontera eficiente de Markowitz otorgó alrededor de un rendimiento del .0836% diario con un riesgo diario más o menos de 0.391%. Estos rendimientos fueron propuestos en base al rendimiento promedio del mercado con la finalidad de que el modelo otorgara un rendimiento ligeramente mayor y de esta forma fuese atractivo invertir en dichos portafolios.

Cabe aclarar que la posibilidad de obtener rendimientos mayores al promedio del mercado, estuvo sujeta a los movimientos registrados en las series históricas de tipo de cambio pues no en todos los casos dichas series hicieron posible cierto nivel de rendimiento. Esto obedece al hecho de que en diversos periodos las condiciones en los mercados se vieron afectadas por crisis financieras o por el contrario, periodos de estabilidad económica.

Al calcular el VaR en los portafolios elegidos, se pudo observar que los resultados más conservadores, es decir, los modelos que tuvieron un mayor y mejor grado de captación de las pérdidas potenciales tomando en cuenta las pérdidas más significativas (monto de la pérdida) fueron, para los periodos 2000-2003 y 2004-2006 a nivel de confianza del 95% y 99%, el VaR histórico y el VaR Varianza-Covarianza y el Montecarlo respectivamente.

Por su parte en 2007-2009, al 95% de confianza, el modelo más robusto fue el VaR Varianza-Covarianza y a 99% el VaR Histórico.

Estos resultados, se pueden explicar debido a las circunstancias por las que atravesaban los mercados en cada uno de los periodos. Estos es, en 2000-2003 los mercados aún se encontraban estables por lo que no se registraron movimientos extremos que el VaR no pudiese captar, en particular en este periodo el VaR histórico fue el que mejor ajustó, lo que obedece al hecho de que este método es más preciso cuando se manejan datos de periodos de estabilidad.

Sin embargo, para 2004-2006 las crisis se comenzaron a sentir, razón por la cual fue lógico que se registrarán algunos eventos extremos que el VaR no pudo captar. Esto mismo, pero con mayor intensidad, ocurrió en el último periodo que comprende de 2007 a 2009 ya que para estos momentos las crisis internacionales estuvieron en pleno apogeo, siendo a penas para 2009 el comienzo de una época de recuperación. Dadas las circunstancias, no fue de extrañar que los métodos que presentarán mejores ajustes fueran el Varianza-Covarianza y el Montecarlo pues son los que mejor se implementan cuando se utilizan datos no muy bien comportados.

Adicionalmente las pruebas de Backtesting confirmaron para el segundo y tercer periodo, dado que presentaron fallas en los modelos, que en 2004-2006 (crisis) la eficiencia de los tres modelos de VaR que se calcularon fue aceptable, sin embargo en 2007-2009 (post-crisis) esto no ocurrió a nivel de confianza del 95% pues en el caso del VaR-Histórico y el Var-Montecarlo la prueba de hipótesis fue rechazada, aunque a nivel de confianza del 99%, es decir, dando mayor exactitud al cálculo, dichas pruebas fueron aceptadas.

Los resultados anteriores permiten vislumbrar que los modelos del VaR aunque representan metodologías solidas y consistentes para captar pérdidas potenciales, deben ser complementadas con otras metodologías que permitan dar mayor robustez a las predicciones para así evitar caer (en la medida de lo posible) en la no predicción de pérdidas que resulten ser extremas.

Así pues, se sugiere ahondar y complementar estos estudios de forma rutinaria y con bases de datos actualizadas, ya que podrían proporcionar información para años futuros sobre el comportamiento de los mercados financieros, su conveniencia de invertir en ellos y por tanto se pueda llevar un mejor control de eventos y pérdidas potenciales inesperadas.

Para complementar este trabajo, es preciso utilizar metodologías adicionales tales como pruebas de normalidad, tests de asimetría y kurtosis así como estimaciones de la varianza y test de correlaciones a las series de rendimientos de los tipo de cambio como herramientas para identificar posibles tendencias que indicarán el porqué de un mejor ajuste a algún método del VaR (como podría ser el método de Varianza-Covarianza pues supone que los rendimientos se distribuyen normal).

Por otra parte también es conveniente usar otras técnicas que también son de suma utilidad como lo son el análisis de los “hechos estilizados” tales como intermitencia (cambios de volatilidad en el tiempo), clusters de volatilidad, distribuciones no condicionales de colas anchas, efecto apalancamiento (correlación entre la volatilidad actual y el rendimiento futuro es inversa), asimetría de las pérdidas extremas, decaimiento lento en las colas, decaimiento de autocorrelación cuadrática, entre muchas otras, pues estas herramientas podrían dar mayores indicios del comportamiento de las series de rendimientos de tipo de cambio que permitieran dar un mejor tratamiento y por tanto una mejor predicción del Valor en Riesgo.

## Bibliografía

1. Andrew, Christian 2000. **Métodos de evaluación del Riesgo de Mercado para portafolios de inversión.** Documentos de Trabajo No. 67, Banco Central de Chile.
2. Cabello, Alejandra 1999. **Globalización y liberación financieras y la bolsa Mexicana de Valores. Del auge a la crisis.** México. Editorial Plaza y Valdés.
3. Calvo, María Antonia 2004. **Economía Mundial y Globalización.** Madrid. Minerva Ediciones.
4. Carbonell, Echavarría. **Estructuración de un portafolio óptimo de inversión en divisas representativas del mercado FOREX.** Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 2. p. 79-92 . Medellín, junio de 2008
5. De Lara, Alfonso 2002. **Medición y control de riesgos financieros.** México. Editorial Limusa-Grupo Noriega Editores.
6. Díez de Castro, Mascareñas, 1994. **Ingeniería financiera. La gestión en los mercados financieros internacionales.** España. Editorial McGraw-Hill-Interamericana de España.
7. Elton, E. 1995. **Model portfolio theory and investment analysis.** New York. Editorial John wiley and Sons INC.
8. García, Villalón 2005. **Enfoques diferentes para medir el Valor en Riesgo (VaR) y su comparación. Aplicaciones.** España. XIII Jornadas de ASEPUMA.
9. Girón, Correa 1998. **Crisis Financiera: Mercado sin Fronteras.** México. IIEc/UNAM/Editorial El Caballito.
10. Girón, Correa, Chapoy 2005. **Consecuencias financieras de la Globalización.** México. Editorial Porrúa.
11. Girón, Levy 2005. **México: ¡Los bancos que perdimos! de la desregulación a la extranjerización del sistema financiero.** México. UNAM, Facultad de Economía-IIEc-UNAM.
12. Ianni, Octavio 1996. **Teorías de la Globalización.** México. Siglo XXI Editores.

13. Jorion, Philippe 2000. **Valor en Riesgo**. México. Editorial Limusa-Grupo Noriega Editores.
14. Jorion, Philippe 2009. **Financial Risk Manager. Handbook**. New Jersey. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
15. Knop, Ordovás, Vidal 2004. **Medición de Riesgos de Mercado y Crédito**. España. Editorial Ariel.
16. Lasa , Alcides José . **Construcción de una “frontera eficiente” de activos financieros en México**. Denarius Revista de Economía y Administración No. 10- Junio 2005. UAM-I PP 136.
17. Lama , Ruy 2000. **Administración del riesgo cambiario en el sistema bancario peruano. Revista de Estudios Económicos**. Banco Central de Reserva del Perú, pp.172.
18. Lessard, D.R. 1991. “Corporate Finance in the 1990’s-Implications of a Changing and Finacial Context”, **journal of International Financial Management and Accounting** 7,3:209-231.
19. López , Francisco. **Aplicación del Enfoque de Markowitz al cálculo del Valor en Riesgo (VaR) a un portafolio de divisas**, Contaduría y Administración, No. 193, Abril 1999. UNAM.
20. Markowitz, Harry. **Portafolio Selection**. The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91.
21. McNeil, A 2005. **Quantitative Risk Management**. New Jersey. Editorial Princenton Series.
22. Melo, Becerra 2005. **Medidas de riesgo, características y técnicas de medición: una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancario de Colombia**. Borradores de economía, No. 343 Banco de la República, pp: 1-71
23. Mendizábal, Mieria, Zubia 2002. **Modelo de Markowitz en la gestión de carteras**. Cuadernos de Gestión Vol. 2. No. 1. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.

24. Ortiz, Edgar 2009. **Finanzas y Productos Derivados. Contratos Adelantados, Futuros, Opciones, Swaps.** UNAM (en proceso).
25. Pardee, Scott 1990. **La globalización de los mercados de capitales.** México. El Mercado de Valores núm. 2, p. 19.
26. Vilariño, A. 2001. **Turbulencias financieras y riesgos de mercado.** Madrid. Editorial Prentice Hall.
27. Villar, Alvaro 2004. **Selección de carteras en un contexto VaR.** Valencia, España. Universidad del País Vasco.

## Anexos

A continuación se presentan los programas hechos en Matlab para el desarrollo del presente estudio.

### Función que realiza la optimización del portafolio y calcula el VaR

```
%Primero se calcula la frontera eficiente con markowitz
%X son los tipos de cambio
markowitz(Tcam)
pause;

%Escoge porcentaje de inversion PorcInv .
%Calculo del VaR Histórico
%funcion que recibe una Tcam que la serie de Tipo de Cambio
%PorInv es el porcentaje de inversion, un vector renglon
%intervalo de confianza Conf

fprintf('VaR Histórico');
VarHist(Inv,Tcam,PorcInv,Conf)
%pause;

fprintf('VaR Covarianzas');
%Calculo del VaR Covarianzas
VaRCov(Inv,Tcam,PorcInv)
%pause;

fprintf('VaR MonteCarlo');
%Calculo del VaR MonteCarlo.
montecarlo(s,Inv,Tcam,PorcInv,Conf)
%
pause;
```

### Función que grafica el conjunto eficiente

```
function ConjuntoMinVar(Media,Sigma,nptos)

V=@(w) w'*Sigma*w;

n=length(Media);
Aeq=[Media';ones(1,n)];
A=-eye(n);%[]
B=zeros(n,1);%[]
LB= repmat(0,n);
UB= repmat(.40,n);
[aux1,aux2]=sort(Media);
for i=1:nptos
```

```

    RObj=aux1(1)+(i-1)*(aux1(n)-aux1(1))/nptos;%Malla de rendimientos
objetivos que dividen al rango en nptos puntos igualmente espaciados
    w0=zeros(n,1);
    w0(aux2(n))=(RObj-aux1(1))/(aux1(n)-aux1(1));%Asigno peso alfa a la
posicion del peso del activo con mayor rendimiento
    w0(aux2(1))=1-w0(aux2(n));%1-alfa al menor
    Beq=[RObj;1];
    warning('off')
    w1{i}=fmincon(V,w0,A,B,Aeq,Beq,LB,UB,[],optimset('Algorithm','sqp'));
    s(i)=V(w1{i})^.5;%DEsviacion estandar asociada al peso optimo w1{i}
    r(i)=w1{i}'*Media;%Rendimiento promedio
end
%plot(s,r)
plot(s,r,'--rs','LineWidth',2,'MarkerEdgeColor','k',...
      'MarkerFaceColor','g','MarkerSize',5)

```

### **Función que arroja el rendimiento máximo y mínimo posible**

```

function markowitz(Tcam)
%Recibe los tipos de cambio 'Tcam'

Rend=diff(log(Tcam(:,1:7)));%Rendimientos logaritmicos de los indices
Media=mean(Rend)';
Sigma=cov(Rend);
n=length(Media);
Rmax=max(Media);
Rmin=min(Media);

```

### **Función que calcula el VaR histórico**

```

function VaR=VarHist(Inv,Tcam,PorcInv,Conf)
%funcion que recibe una Tcam que la serie de Tipo de Cambio
%y PAC el precio actual un vector renglon.
%PorcInv es el porcentaje de inversion, un vector renglón
%intervalo de confianza Conf
[m,n]=size(Tcam);
DatoVar=(1-(Conf/100))*(m);
%TCaml=zeros(m+1,n);
%EstEs=zeros(m,n);
%ValPos=zeros(1,n);
%ValPosEsce=zeros(m,n+1);
%calculo del valor de posicion
for z=1:n
    ValPos(1,z)=Inv*PorcInv(1,z);
end
%calculo del Posicion
for q=1:n
    Pos(1,q)=ValPos(1,q)/Tcam(m,q);
end
%Calculo de los rendimientos
Rend=diff(log(Tcam(:,1:n)));
%calculo del escenario esperado
for l=1:n
    for w=1:m-1

```

```

        EstEs(w,1)=Tcam(m,1)*exp(Rend(w,1));
    end
end
%calculo del valor de posicion del escenario
for i=1:n
    for k=1:m-1
        ValPosEsce(k,i)=Pos(1,i)*EstEs(k,i);
    end
end
for i=1:m-1
    x(i,1)=sum(ValPosEsce(i,:));
end
for k=1:m-1
    ValPosEsce(k,n+1)=x(k,1);
end
%calculo de perdidas y ganancias estimadas
for p=1:n
    for h=1:m-1
        PerGan(h,p)=ValPosEsce(h,p)-ValPos(1,p);
        PerGan(h,n+1)=ValPosEsce(h,n+1)-Inv;
    end
end
%ordena los elementos de PerGan
PerGanOrd=sort(PerGan);
for i=1:m-1
    PerGanOrd(i,n+2)=i;
end
%busca el VaR
for i=1:m-1
    if PerGanOrd(i,n+2)-DatoVar<=.5
        for k=1:n+1
            VaR(1,k)=PerGanOrd(i,k);
        end
    end
end
end
%fprintf('Dolar___Dolar Canadiense___libra
Esterlina___Euro___Real___rublo___yuan___Portafolio');

```

### **Función que calcula el VaR Varianza-Covarianza**

```

function VaR=VaRCov(Inv,Tcam,PorcInv)
%funcion que recibe una Inversion Inv, el tipo de cambio Tcam
%y el Porcentaje de Inversión PorcInv.
%Tiempo
T=1;
%El valor acumulado de una normal al 99% de confianza.
AcumulNormal=2.32;
%El valor acumulado de una normal al 95% de confianza.
%AcumulNormal=1.65;

[m,n]=size(Tcam);
%calculo del valor de posicion
for z=1:n

```

```

    ValPos(1,z)=Inv*PorcInv(1,z);
end
%calculo del Posicion
for q=1:n
    Pos(1,q)=ValPos(1,q)/Tcam(m,q);
end
%Calculo de los rendimientos
Rend=diff(log(Tcam(:,1:n)));
%Calculo del VaR
Rmult=(ValPos)*(cov(Rend))*(ValPos');
VaR=AcumulNormal*(sqrt(Rmult))*T;

```

### **Función que calcula el VaR Montecarlo**

```

function VaR=montecarlo(s,Inv,Tcam,PorcInv,Conf)
%s es numero de Simulaciones
[m,n]=size(Tcam);
N=normrnd(0,1,s,n);
Rend=diff(log(Tcam(:,1:n)));
A=cov(Rend);
C=choleski(A);
Mul=(C*N')';
DatoVar=(1-(Conf/100))*(s);
%Calculo del valor de posicion
for z=1:n
    ValPos(1,z)=Inv*PorcInv(1,z);
end
%Calculo del Posicion
for q=1:n
    Pos(1,q)=ValPos(1,q)/Tcam(m,q);
end
%Calculo del escenario esperado
for i=1:n
    for j=1:s
        EstEs(j,i)=Tcam(m,i)*exp(Mul(j,i));
    end
end
%Calculo del valor de posición del escenario
for i=1:n
    for k=1:s
        ValPosEsce(k,i)=Pos(1,i)*EstEs(k,i);
    end
end
for i=1:s
    x(i,1)=sum(ValPosEsce(i,:));
end
for k=1:s
    ValPosEsce(k,n+1)=x(k,1);
end
%calculo de perdidas y ganancias estimadas
for p=1:n
    for h=1:s
        PerGan(h,p)=ValPosEsce(h,p)-ValPos(1,p);
        PerGan(h,n+1)=ValPosEsce(h,n+1)-Inv;
    end
end

```

```
end
%ordena los elementos de PerGan
PerGanOrd=sort(PerGan);
for i=1:s
    PerGanOrd(i,n+2)=i;
end
%busca el VaR
for i=1:s
    if PerGanOrd(i,n+2)-DatoVar<=.5
        for k=1:n+1
            VaR(1,k)=PerGanOrd(i,k);
        end
    end
end
end
```