



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**“ANÁLISIS DE LAS METODOLOGIAS DELTA-NORMAL Y  
MONTECARLO PARA ESTIMAR EL VALOR EN RIESGO (VaR)”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ACTUARÍA**

**PRESENTAN:**

**ANA GRISELDA ALVARADO GÓMEZ**

**ANA KARINA GARCÍA ROMERO**

**ASESOR:**

**M. EN E. JUAN JOSÉ LECHUGA ARIZMENDI**

**REVISORES:**

**M. EN E. RAFAEL JUÁREZ TOLEDO**

**DR. EN C.E. MARIA DEL CARMEN GÓMEZ CHAGOYA**

**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO**

**NOVIEMBRE 2015**

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias con todo mi cariño y mi amor a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda para que yo pudiera lograr mis sueños , por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes:

Mamá Guadalupe

Papá Arnulfo

Hermanos Saúl y Alejandro

Mi esposo Charles

Amiga y compañera de tesis Kary

**Ana Griselda**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme puesto en este particular camino y por la inspiración enviada justo en los momentos indicados.

A mis padres, Oralía y David, por depositar su confianza en mí y por el incondicional amor, apoyo y atención que me han brindado siempre.

A mis hermanos, Rosy y Benjamín, por su ánimo y paciencia.

A mis amigos, por la compañía y motivación brindada durante todo el trayecto, especialmente a Gris con quien realicé esta tesis.

A Oscar, por todo su amor, entusiasmo, apoyo y estupendas recomendaciones.

**Con cariño y gratitud, Karina.**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE ANEXOS .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1: Sistema Financiero Mexicano e Implementación de los acuerdos de Basilea. ....	3
1.1 Sistema Financiero Mexicano.....	3
1.1.1 Definición y Estructura.....	3
1.1.1.1 Sistema Bursátil Mexicano.....	6
1.1.1.2 Sistema Bancario Mexicano. ....	9
1.1.1.2.1 Acuerdos de Basilea y su implementación en el Sistema Bancario...	10
1.1.2 Organismos reguladores .....	12
1.2 Mercados Financieros .....	21
1.2.1 Clasificación de los mercados financieros.....	21
1.2.2 Mercado de Divisas .....	23
1.2.3 Mercado de Derivados .....	24
1.2.4 Mercado de Capitales.....	25
1.2.4.1 Mercado de Valores.....	25
1.2.4.1.1 Instrumentos de Renta Variable. ....	27
1.2.4.1.2 Instrumentos de Renta Fija.....	34
1.2.4.2 Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV-SENTRA Capitales). ....	36
1.2.4.3 Índice de Precios y Cotizaciones (IPC).....	37
1.2.4.3.1 Definición.....	37
1.2.4.3.2 Criterios de Selección.....	38

1.2.4.3.3	Muestra Actual del IPC .....	39
CAPÍTULO 2: El concepto de Valor en Riesgo (VaR) y la Administración de Portafolios de Inversión.....		
		41
2.1	Administración del Riesgo. ....	41
2.1.1	Definición de Riesgo Financiero. ....	41
2.1.2	Componentes del Riesgo Financiero.....	41
2.1.3	Rendimiento de los activos: Relación Riesgo-Rendimiento. ....	45
2.1.4	Diversificación y Portafolios de Inversión .....	45
2.1.5	Selección y Optimización de Portafolios de Inversión .....	46
2.1.5.1	Teoría Moderna de Portafolios: Modelo de Media-Varianza .....	46
2.1.5.1.1	Supuestos del modelo .....	46
2.1.5.1.2	Rendimiento Esperado del Portafolio .....	48
2.1.5.1.3	Riesgo del Portafolio.....	49
2.1.5.1.4	Portafolios eficientes.....	51
2.1.5.2	Modelo de Valoración de Activos Financieros o Capital Asset Pricing Model (CAPM).....	53
2.1.5.2.1	Supuestos del modelo .....	54
2.1.5.2.2	Teorema de la separación .....	55
2.1.5.2.3	Línea de Mercado de Capitales (CML) .....	56
2.1.5.2.4	La línea del Mercado de Valores (SML) .....	61
2.2	Valor en Riesgo .....	67
2.2.1	Metodologías para la estimación del VaR .....	70
2.2.1.1	Métodos de Valoración Local.....	70
2.2.1.1.1	Método Delta-Normal.....	70
2.2.1.2	Métodos de Valoración Global .....	73
2.2.1.2.1	Método de Montecarlo .....	73
CAPÍTULO 3: Análisis del Valor en riesgo, Método Delta-Normal vs Montecarlo .....		
		81

3.1	Construcción del Portafolio.....	81
3.1.1	Elección de los activos.....	81
3.1.2	Optimización del portafolio.....	83
3.2	Cálculo de VaR: Metodología Delta Normal.....	89
3.3	Cálculo de VaR: Metodología Montecarlo.....	93
	CONCLUSIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del Sistema Financiero Mexicano .....	4
Figura 2: Balance General .....	30
Figura 3: Evolución del precio de mercado de las acciones.....	33
Figura 4. Componentes del Riesgo Financiero. ....	44
Figura 5. Frontera de portafolios eficientes. ....	52
Figura 6. Introducción de activo libre de riesgo.....	57
Figura 7. Portafolio M, punto de tangencia con la frontera eficiente.....	59
Figura 8. Línea de Mercado de Capitales (CML).....	60
Figura 9. Situación típica de equilibrio donde Z representa un título aislado .....	61
<b>Figura 10.</b> Línea del Mercado de Valores (SML).....	65
Figura 11. Concepto de Valor en Riesgo (VaR) para un 95% de confianza estadística.	68
<b>Figura 12.</b> Rendimientos simulados. ....	95
Figura 13. Distribución de los rendimientos obtenidos con cada una de las simulaciones. .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del Sistema Financiero Mexicano .....	5
Tabla 2. Casas de Bolsa en Operación.....	8
Tabla 3. Características esenciales de los mercados financieros .....	22
Tabla 4. Muestra del IPC.....	39
Tabla 5. Acciones utilizadas para la construcción del portafolio optimizado. ....	82
Tabla 6. Rendimientos promedio y desviación estándar por activo.....	83
Tabla 7. Tabla de Rendimientos Ponderados .....	86
Tabla 8. Distribución de acciones en el portafolio. ....	87
Tabla 9. Matriz de Varianza-Covarianza de os 20 activos que conforman el portafolio .	90
Tabla 10. VaR obtenido con la Metodología Delta-Normal. ....	92
Tabla 11. Simulaciones del rendimiento del portafolio .....	94
Tabla 12. Simulaciones Montecarlo del rendimiento, ordenadas de mayor a menor .....	96
Tabla 13. VaR obtenido con la metodología Montecarlo.....	97
Tabla 14. Comparación entre métodos. ....	100



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Precio histórico de los activos.

ANEXO B. Rendimientos diarios de los activos.

ANEXO C. Matriz de correlaciones.

ANEXO D. Matriz de varianza-covarianza y optimización del portafolio.

ANEXO E. Método Delta Normal.

ANEXO F. Descomposición Cholesky.

ANEXO G. Método de Montecarlo.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años los mercados financieros han tenido que enfrentar nuevos retos debido a la introducción de la globalización y a la difusión acelerada y generalizada de la tecnología, estos nuevos elementos han dificultado la administración del riesgo por lo que se ha tenido que recurrir a la creación de nuevas herramientas para su gestión, una de ellas es el Valor en Riesgo también conocido como VaR (siglas en inglés de *Value at Risk*), siendo una de las preferidas por el sector financiero debido a su gran utilidad.

La consolidación del VaR ha dado origen al desarrollo de diversas metodologías para su estimación, en la actualidad existen diversas técnicas cuyos resultados varían mucho dependiendo del enfoque, horizonte de tiempo y nivel de confianza que se utilicen. En nuestro caso hay dos que son de gran interés, nos referimos a: el Método de Montecarlo y el método Delta-Normal, que describen los enfoques de valoración global y valoración local respectivamente.

En ese sentido, el objetivo principal del presente trabajo se centra en la comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de ambas metodologías a un portafolio conformado por las acciones que constituyen el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. Esto se realizó con la finalidad de conocer las capacidades y limitaciones de cada metodología y así probar la hipótesis base de esta investigación, en la que sugerimos que el VaR calculado con el Método de Montecarlo es más eficiente al medir el riesgo que el calculado con un Método Delta- Normal.

El trabajo elaborado y los resultados obtenidos se agrupan en cuatro capítulos. El primer capítulo pretende ponernos en contexto proporcionando una visión general sobre el Sistema Financiero Mexicano, su composición, funcionamiento y regulación actual. Se aborda también la clasificación de Mercados Financieros, haciendo especial hincapié en el Mercado de Capitales y en los instrumentos que se manejan dentro del mismo, punto que da pie al segundo capítulo de esta tesis.

El Capítulo 2 se enfoca en desglosar los conceptos de riesgo y riesgo financiero, se explica la importancia de su cuantificación junto con algunas definiciones que nos

permiten entender el tema de una mejor manera. Se desarrolla brevemente el Modelo de Markowitz y el Método del Modelo de Precios de Títulos Financieros o Capital Asset Pricing Model (CAPM) que dan sentido a la construcción del portafolio con el cual se trabajó. Así mismo se exponen los fundamentos teóricos y supuestos del Valor en Riesgo (VaR) y de los dos métodos de valuación cuya eficacia pretendemos comparar.

A lo largo del tercer capítulo se describe la construcción del portafolio utilizado en base a los modelos descritos en la sección anterior y se presenta paso por paso el cálculo del VaR a través de los dos modelos sugeridos, de esta forma se exponen los resultados de cada practica y la comparación entre ellos.

Finalmente, la última parte se conforma de las conclusiones y hallazgos obtenidos del trabajo de investigación y de la comprobación de la hipótesis plateada en un principio.

# **CAPÍTULO 1: Sistema Financiero Mexicano e Implementación de los acuerdos de Basilea.**

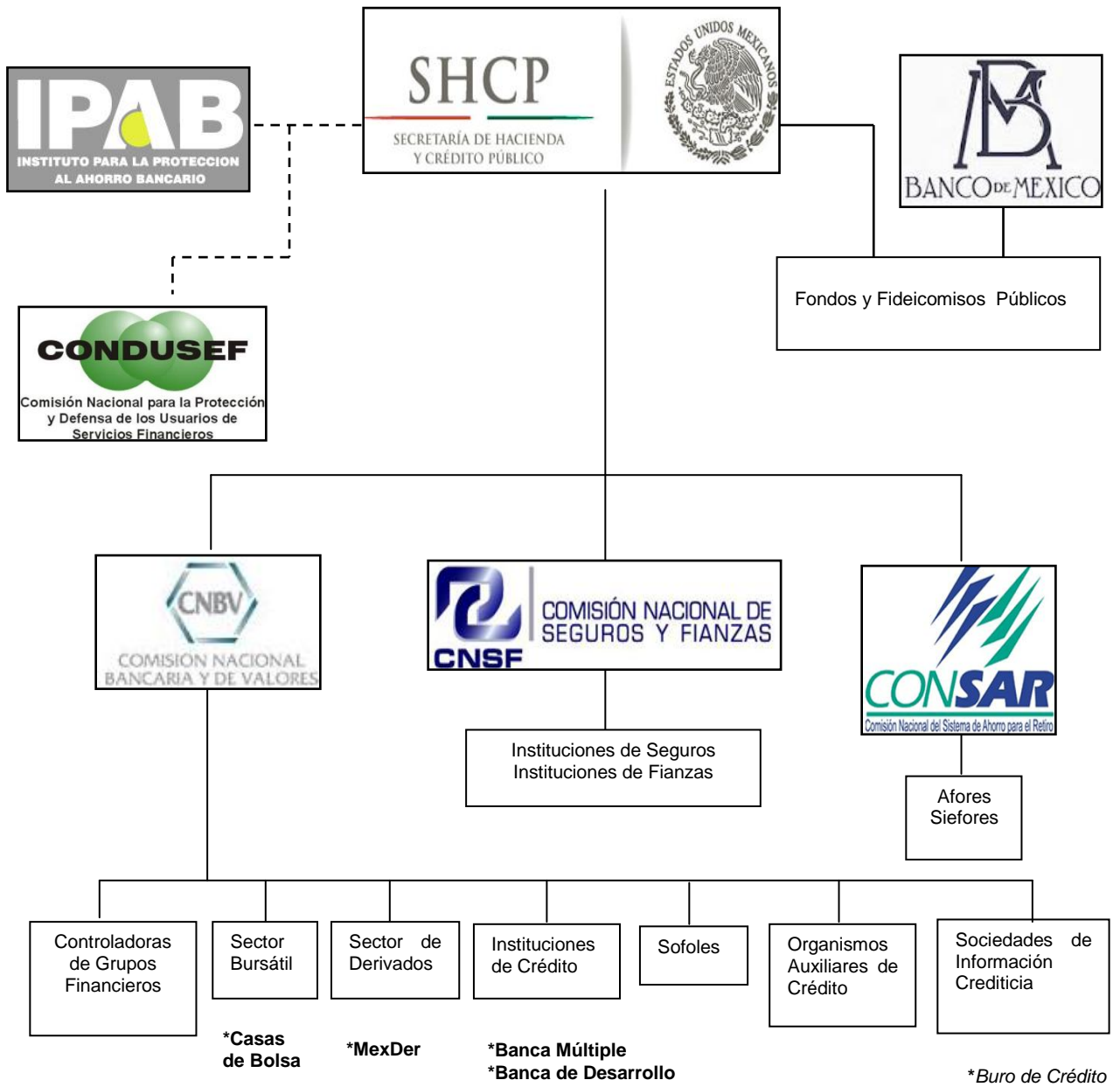
## **1.1 Sistema Financiero Mexicano**

La importancia de introducirnos en el Sistema Financiero, radica en conocer qué es, saber cómo funciona, además de tener un panorama de las instituciones que lo integran y lo regulan, para comprender a detalle los riesgos a los que se expone el capital en el proceso de la inversión y financiamiento, así como conocer cuáles son las medidas que se requieren para minimizar los riesgos.

### **1.1.1 Definición y Estructura.**

El Sistema Financiero Mexicano (SFM), es el conjunto orgánico de instituciones, tanto públicas como privadas que generan, captan, administran, orientan y dirigen, el ahorro como la inversión, entre los diversos agentes económicos, dentro del marco de la legislación correspondiente. Así mismo, constituyen el gran mercado donde se contactan oferentes y demandantes de recursos monetarios, su organización se muestra en la Figura 1.

Globalmente, el sistema financiero está conformado por una agrupación en cuatro vertientes, las relacionadas a operaciones bancarias, a operaciones bursátiles, a las organizaciones que supervisan y regulan la actividad financiera en México y un último rubro que agrupa a otras figuras financieras, de esta forma, queda estructurado según se describe en la Tabla 1.



**Figura 1.** Estructura del Sistema Financiero Mexicano

Fuente: SHCP (2014)

**Tabla 1.** Componentes del Sistema Financiero Mexicano

Sistema Bursátil Mexicano	Sistema Bancario Mexicano	Organismos Reguladores	Otras instituciones
-Bolsa Mexicana de Valores	-Banca de Primer Piso (banca múltiple)	-Secretaría de Hacienda y Crédito Público	-Casas de Cambio
-Casas y Agentes de Bolsa	- <i>Banca de segundo piso</i> (banca de desarrollo)	-Banco de México	-Uniones de Crédito
		-Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el retiro (CONSAR)	-Afianzadoras
		-Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV)	-Almacenes Generales de Depósito
		-Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)	-Sociedades de inversión de Renta Fija y Variable (incluye las SINCAS)
			-Aseguradoras
			-Afores
			-Factoraje
			-Otros organismos financieros

**Fuente:** Santillán, 2007

El propósito de todas estas instituciones es la captación de los recursos monetarios, para posteriormente canalizarlos al financiamiento. En todo ello siempre se devengará una utilidad o dividendo (rendimiento) por el uso de los recursos financieros, es con esta dinámica que se genera el movimiento al interior de las organizaciones que conforman el SFM (Santillan, 2007).

### **1.1.1.1 Sistema Bursátil Mexicano.**

El Sistema Bursátil Mexicano (SBM) es uno de los cuatro vértices del Sistema Financiero, que se constituye de organizaciones, tanto públicas como privadas, a través de las cuales se regulan y llevan a cabo actividades financieras mediante títulos-valor, es decir la operación se lleva a cabo entre oferentes y demandantes, estos intercambian los recursos monetarios, que son negociados en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) mediante el sistema automatizado *SENTRA* al cual están conectados, los Agentes de Bolsa y las Casas de Bolsa, que son conocidos como Intermediarios Bursátiles (Santillan, 2007).

En este contexto es relevante enunciar las funciones de la BMV y de los Intermediarios Bursátil en el SBM.

#### a) Bolsa Mexicana de Valores

Es una institución privada en la que se llevan a cabo las operaciones del mercado de valores organizado en México, está regulada por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SCHP) (Santillan, 2007).

El papel que desempeña en el Sistema Bursátil es:

- Proporciona la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para realizar procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios (RNVI), y de otros instrumentos financieros.
- Hace pública la información bursátil.
- Realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información respectiva al Instituto Central para el Depósito de Valores (SD Indeval).

- Supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en relación al estricto apego a las disposiciones aplicables.
- Fomenta la expansión y la competitividad del mercado de valores de México.

Además de las funciones ya mencionadas la BMV ofrece la facilidad de obtener liquidez mediante inversiones de compra y venta rápidamente.

La BMV es un mercado de renta variable, que, están sujetas a los riesgos de los ciclos económicos, lo que significa que sufren los efectos de los fenómenos psicológicos que pueden elevar o reducir los precios de los títulos y acciones, siendo consideradas un barómetro de los acontecimientos económicos y sociales, todo ello conlleva un riesgo. Para minimizar el riesgo es conveniente la diversificación, el tema será retomado en capítulos posteriores.

#### b) Intermediarios Bursátiles

Instituciones privadas, mejor conocidas como Casas de bolsa y Agentes de bolsa que han sido autorizadas para actuar como intermediarios en el manejo del mercado de valores (Bolsa Mexicana de Valores, 2011) . La labor que realizan en el Sistema Bursátil son:

- Compra-Venta de valores.
- Asesoran a las empresas en la colocación de valore.
- Asesoran a los Inversionistas en la constitución de sus portafolios de inversión.
- Reciben fondos por concepto de operaciones con valores.
- Realizar transacciones con valores en el sistema BMV–SENTRA Capitales por medio de sus operadoras.



Los operadores de las instituciones (intermediarios financieros) tienen que estar registrados y autorizados por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y por la BMV.

Al cierre de junio de 2015, según la CNBV, existían 35 Casas de Bolsa en operación, las cuales se enlistan en la siguiente tabla de acuerdo a su valor y porcentaje de participación en el mercado

**Tabla 2.** Casas de Bolsa en Operación

Lugar en el Sistema	Institución / Virtual	Valor	Participación de Mercado [%]
1	Casa de Bolsa Banorte-Ixe	\$126,909,566,737.00	24.98%
2	Finamex	\$52,666,734,821.00	10.37%
3	Interacciones	\$52,260,100,764.00	10.29%
4	Intercam	\$49,136,934,546.00	9.67%
5	Valmex	\$39,259,425,549.00	7.73%
6	Vector	\$37,054,440,500.00	7.29%
7	Actinver	\$28,306,960,213.00	5.57%
8	GBM	\$22,006,561,723.00	4.33%
9	Monex	\$17,833,352,631.00	3.51%
10	Accival	\$12,607,954,161.00	2.48%
11	Invex	\$10,159,920,620.00	2.00%
12	Morgan Stanley	\$8,690,792,652.00	1.71%
13	Scotia Casa de Bolsa	\$7,761,813,762.00	1.53%
14	Goldman Sachs CB	\$6,836,488,929.00	1.35%
15	Inversora Bursátil	\$6,467,984,675.00	1.27%
16	Multiva	\$4,297,300,608.00	0.85%
17	Value	\$4,084,066,059.00	0.80%
18	CB Ve por Más	\$3,661,579,566.00	0.72%
19	Santander	\$1,998,755,246.00	0.39%
20	CI Casa de Bolsa	\$1,957,211,327.00	0.39%

21	HSBC	\$1,812,374,045.00	0.36%
22	Deutsche Securities	\$1,793,093,547.00	0.35%
23	J.P. Morgan	\$1,700,442,798.00	0.33%
24	Merrill Lynch	\$1,474,040,069.00	0.29%
25	Evercore Casa de Bolsa	\$1,409,232,026.00	0.28%
26	Casa de Bolsa Base	\$1,222,390,399.00	0.24%
27	BBVA Bancomer	\$1,212,547,705.00	0.24%
28	Masari	\$964,462,464.00	0.19%
29	Credit Suisse	\$923,338,538.00	0.18%
30	Punto Casa de Bolsa	\$537,484,515.00	0.11%
31	UBS	\$367,387,259.00	0.07%
32	BTG Pactual CB	\$301,455,408.00	0.06%
33	Barclays Capital	\$272,534,279.00	0.05%
34	Kuspit	\$69,919,733.00	0.01%
35	Dumbarton Securities	\$20,015,352.00	0.00%
	<b>TOTALES</b>	<b>\$508,038,663,226.00</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: CNBV, 2015

### 1.1.1.2 Sistema Bancario Mexicano.

El Sistema Bancario en México o Banca y Crédito está compuesto de un grupo de instituciones que se dedican a la captación de recursos de los ahorradores y otras instancias, como el Gobierno Federal, para colocarlos a través de créditos directos, tomando el riesgo de sus deudores.

Por supuesto dentro de este sistema se encuentran las instituciones de banca múltiple (banca comercial o de primer piso) y de banca de desarrollo (banca de segundo piso o de fondeo). Sin embargo, también forman parte del Sistema Bancario Mexicano el Banco de México (BANXICO), el Patronato del Ahorro Nacional, los fideicomisos

públicos constituidos por el Gobierno Federal para el fomento económico y los constituidos para el desempeño de las funciones de BANXICO (Villareal, 2008).

La banca de fomento está integrada por diversos organismos descentralizados del Estado que están constituidos como sociedades nacionales de crédito. La función de la banca de desarrollo es apoyar actividades económicas específicas. Se les dice de segundo piso pues sus programas de apoyo o líneas de financiamiento a personas o empresas la realizan a través de los bancos comerciales que quedan en primer lugar (Santillan, 2007).

Dentro de este marco ha de considerarse a las instituciones de crédito o bancos comerciales que son sociedades anónimas, propiedad de particulares que realizan diversas funciones. Los bancos pueden recibir depósitos de dinero a la vista, retirables en días preestablecidos, a plazo o con previo aviso y por medio de cuentas de ahorro. Así mismo, pueden otorgar préstamos y créditos, emitir bonos bancarios y obligaciones subordinadas, otorgar aceptaciones o endoso de títulos de crédito y expedir tarjetas de crédito. También prestan otros servicios como el de cajas de seguridad, expedir cartas de crédito para operaciones de comercio exterior, operar fideicomisos y recibir depósitos en administración y custodia o en garantía de documentos mercantiles (Villareal, 2008).

Cabe señalar que las instituciones bancarias son reguladas por Basilea, quien establece las condiciones mínimas que un banco debe tener para su estabilidad. Las normas señaladas por Basilea tienen como función minimizar los riesgos, implementando medidas que ayuden a las instituciones bancarias a tener una administración correcta de los riesgos crediticios, operativos, etc.

En este contexto hablaremos a continuación sobre Basilea, para conocer en forma breve la historia, los objetivos, la evolución y la normativa de Basilea III para lograr una mejor comprensión sobre el tema.

#### *1.1.1.2.1 Acuerdos de Basilea y su implementación en el Sistema Bancario.*

Un sistema bancario está sometido a la volatilidad, fluctuaciones, a los fallos de previsión desde el punto de vista agregado, obligando a las autoridades a adoptar

medidas que contribuyan a reforzar la solvencia y captación de las entidades financieras para garantizar tanto el ahorro del público como para evitar pérdidas masivas de las entidades.

De ahí que en el año 1988, el Banco de Pagos Internacionales, con sede en Basilea (Suiza), estableció normas para regular el nivel de recursos propios que las entidades financieras tenían que mantener para satisfacer un adecuado nivel de riesgo. Un primer intento que, como ocurre con otras regulaciones económicas, solo contemplaba de forma defectuosa y burda las necesidades del sector financiero. Por lo tanto se dio la necesidad de reestructurar las normas en función de las necesidades de los sucesos.

#### a) Evolución de los acuerdos

Los acuerdos de Basilea han evolucionado en función del ritmo de los acontecimientos, siempre con el fin de reducir al máximo el endeudamiento de las entidades financieras y garantizar la capacidad de respuesta ante el riesgo operacional, de crédito y de mercado (Manchuca, 2013).

El acuerdo de Basilea I se firmó en 1988 y estableció los principios básicos en los que debía fundamentarse la actividad bancaria como el capital regulatorio, requisito de permanencia, capacidad de absorción de pérdidas y de protección ante quiebra. Este capital debía ser suficiente para hacer frente a los riesgos de crédito, mercado y tipo de cambio. El acuerdo establecía también que el capital mínimo de la entidad bancaria debía ser el 8% del total de los activos de riesgo (crédito, mercado y tipo de cambio sumados).

El acuerdo Basilea I, aprobado en 2004. Desarrollaba de manera más extensa el cálculo de los activos ponderados por riesgo y permitía que las entidades bancarias aplicaran calificaciones de riesgo basadas en sus modelos internos, siempre que estuviesen previamente aprobadas por el supervisor.

Este acuerdo incorporaba, por lo tanto, nuevas tendencias en la medición y el seguimiento de las distintas clases de riesgo. Se hizo énfasis en metodologías internas, revisión de la supervisión y disciplina de mercado (Manchuca, 2013).

## b) El acuerdo de Basilea III

El acuerdo Basilea III, aprobado en diciembre de 2010, intentó adaptarse a la magnitud de la crisis económica, atendiendo a la exposición de gran parte de los bancos de todo el mundo a los “activos tóxicos” en los balances de los bancos y en los derivados que circulaban en el mercado.

El temor al efecto dominó, que pudiera causar la insolvencia de los bancos, hizo que se establecieron nuevas recomendaciones como:

- Endurecimiento de los criterios y aumento de la calidad del volumen de capital para asegurar su mayor capacidad para absorber pérdidas.
- Modificación de los criterios de cálculo de los riesgos para disminuir el nivel de exposición real.
- Constitución de colchones de capital durante los buenos tiempos que permitan hacer frente el cambio de ciclo económico.
- Introducción de un nuevo ratio de apalancamiento como medida complementaria al ratio de solvencia.

### **1.1.2 Organismos reguladores**

Los organismos reguladores del Sistema Financiero Mexicano tienen como objetivo fundamental, el de regular y supervisar al conjunto de entidades e instituciones que lo conforman, velando por el correcto funcionamiento de las operaciones y las actividades financieras que estas realicen en México.

Los Organismos están dirigidos en torno a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que es la entidad normativa y reguladora de mayor jerarquía que se vale de los organismos descentralizados para regular y supervisar el Sistema Financiero Mexicano. Dichos organismos son:

- Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).
- Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF).
- Comisión Nacional de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (CONSAR).
- Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF).

El Banco de México (BANXICO), es otra entidad reguladora pero es autónomo de las dependencias del poder ejecutivo federal, la Secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Relaciones Exteriores (SER), las cuales norman la participación de entidades extranjeras en el Mercado Financiero Mexicano (ADVFN, 2014).

A continuación describiremos la función que desempeña cada una de ellas.

a) Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Es un organismo del Gobierno Federal en cargo de regular, coordinar y vigilar el Sistema Financiero e impulsar las políticas monetarias crediticias, orientando la evolución del mercado financiero y bursátil, así como la actuación de sus participantes.

Fue creada como Secretaria de Estado y del Despacho de Hacienda en 1821, aun cuando desde el 25 de octubre de 1821 existía la Junta de Crédito Público y en 1824 el congreso Constituyente otorgó a la Hacienda Pública el tratamiento adecuado a su importancia, para ello expidió la Ley para Arreglo de la Administración de la Hacienda Pública, en la que la Secretaria de Hacienda centralizó la facultad de administrar todas las rentas pertenecientes a la Federación, inspeccionar la Casa de Moneda y dirigir la Administración General de Correos, la Colecturía de la Renta de lotería y la Oficina Provisional de Rezagos.

En 1843 le dieron a la Secretaria el carácter de Ministerio de Hacienda posteriormente el 27 de mayo de 1852 se publica el derecho por el que se modifica la Organización del Ministerio de Hacienda, quedando dividido en seis secciones, siendo una de ellas la de

Crédito Público, antecedente que motivo que en 1853 se le denominara por primera vez Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (SHCP, 2012).

Las principales facultades que tiene la SHCP dentro del mercado de valores son (Texson, 2005):

- Concede o anula permisos para la formación y operación de intermediarios financieros, así como la autorización de actas constitutivas y estatutos de los intermediarios.
- Para la orientación, regulación y control de los intermediarios, sugiere algunas políticas.
- Determina las actividades a realizar por los intermediarios financieros.
- Da a conocer que valores son los que pueden depositarse en el Indeval.
- Infracciona a los que violen la Ley del Mercado de Valores.
- Autoriza la inversión extranjera en el capital social de las casas de bolsa y los especialistas bursátiles.
- Aprueba la inversión a las casas de bolsa y especialistas bursátiles en títulos representativos del capital social de entidades financieras del exterior.
- Designa cinco vocales integrantes de la junta de gobierno de la Comisión Nacional Bancaria Y de Valores.
- Designa al presidente de la Comisión.
- Designar un representante en el comité técnico del Fondo de Apoyo al Mercado de Valores.

En resumen la SHCP es la máxima autoridad del Gobierno Federal en materia económica. En su estructura interna trata todos los temas que rigen principalmente el funcionamiento de las instituciones que integran el sistema financiero.

b) Banco de México.

El Banco de México es el banco central del Estado Mexicano, fundado el 25 de agosto de 1925 bajo el gobierno de Plutarco Elías Calles como sociedad anónima, iniciando su operación como banco central el 1 de septiembre de ese mismo año. Su primer Director General fue Alberto Mascareñas Navarro y el primer Presidente del Consejo fue Manuel Gómez Morín. En abril de 1994 por mandato constitucional, el Banco de México es una institución autónoma.

Su finalidad principal es proveer a la economía de moneda nacional, teniendo como objetivo prioritario procurar la estabilidad del poder adquisitivo de dicha moneda. Además, le corresponde promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos (BANXICO, 2013)

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 28, dispone que el Estado tendrá un banco central que será autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración, por lo que no es una dependencia o entidad de la Administración Pública Federal.

Las funciones que desempeña de acuerdo con el Artículo 3 de la Ley del Banco de México son:

- Regular la emisión y circulación de la moneda, los cambios, la intermediación y los servicios financieros, así como los sistemas de pagos.
- Operar con las instituciones de crédito como banco de reserva y acreditante de última instancia.
- Prestar servicios de tesorería al Gobierno Federal y actuar como agente financiero del mismo. Como agente del Gobierno Federal, es el colocador de los



títulos de deuda del Gobierno Federal como los Cetes, Bonos, Udibonos, así como los títulos de deuda del IPAB.

- Fungir como asesor del Gobierno Federal en materia económica y, particularmente, financiera (BANXICO,2008).

Otra tarea importante de mencionar es la regulación de intermediarios financieros que realiza junto con otras autoridades financieras. Por ejemplo emplean reglas de capitalización de la banca y de las casas de bolsa, además de regular de manera prudencial la banca estableciendo límites de exposición al riesgo, un mínimo en provisiones, así como alertas tempranas y medidas correctivas oportunas (BANXICO,2008).

c) Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).

La CNBV es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con autonomía técnica y facultades ejecutivas en los términos de la propia Ley de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

Tiene por objeto supervisar y regular, en el ámbito de su competencia, a las entidades financieras, a fin de procurar su estabilidad y correcto funcionamiento, así como mantener y fomentar el sano y equilibrado desarrollo del sistema financiero en su conjunto, en protección de los intereses del público.

Las facultades de este organismo de acuerdo al Art. 4o. de la LCNBV es la supervisión, vigilancia y regulación de los mercados de valores y casas de bolsa:

- En cuanto a los emisores de valores que se encuentran inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, los inspecciona y vigila, para que cumplan con sus obligaciones.

- Se encarga de implementar normas de aplicación general en relación a los actos y operaciones que sean opuestos a los usos bursátiles o sanas prácticas del mercado.
- Promulga las disposiciones de carácter general relacionadas al establecimiento de índices.
- Inspecciona y vigila el funcionamiento de las casas de bolsa, especialistas bursátiles, bolsas de valores, etc.;
- Decreta los días en que todas las instituciones sujetas a su control y vigilancia deberán cerrar sus puertas al público y suspender actividades (calendario bursátil).
- Exige la suspensión de cotizaciones de valores, cuando existen condiciones desordenadas.
- Ordena la intervención administrativa a personas que utilicen expresiones de casas de Bolsa, especialistas bursátiles, etc. en cualquier idioma y que no tengan la autorización correspondiente (Art. 9o.).
- Interviene las casas de bolsa administrativamente, en caso de peligro en su solvencia, estabilidad o liquidez, o aquellas violatorias de la ley.
- Finalmente también se encarga de ordena la suspensión de operaciones a las personas que realicen operaciones de Intermediación en el mercado de valores y no tengan la autorización correspondiente (Texson, 2005).

d) Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)

Es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público cuyas principales funciones son:

- Resolver consultas de la SHCP, en los temas relacionados con el sector asegurador o afianzador.
- Realizar estudios y recomendaciones del sector de los seguros y las fianzas a la SHCP-
- Cerciorarse que las instituciones de fianzas cumplan con las responsabilidades pactadas, en los servicios prestados.
- Asistir a la SHCP en el desarrollo de políticas adecuadas para seleccionar los riesgos técnicos y financieros.
- Controlar y vigilar las leyes que le corresponde, como identifica la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (LGISMS) y la Ley Federal de Instituciones de Fianzas (LFIF).
- Sancionar administrativamente a aquellas infracciones que quebranten las leyes que deben hacer cumplir.
- Supervisar la solvencia de las compañías de seguros y fianzas; Autorizar a los intermediarios de los seguros directos y de los reaseguros.
- Secundar el desarrollo de los sectores asegurador y afianzador (Rankia, 2014).

e) Comisión Nacional de Sistemas de Ahorro para el Retiro (CONSAR)

Órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con autonomía técnica y facultades ejecutivas con competencia funcional propia en los términos de la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro.

Tiene como compromiso regular y supervisar la operación adecuada de los participantes del nuevo sistema de pensiones. Su misión es la de proteger el interés de

los trabajadores, asegurando una administración eficiente y transparente de su ahorro, que favorezca un retiro digno y coadyuve al desarrollo económico del país.

Es decir establece las reglas para que el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) funcione correctamente; está facultada para imponer multas y sanciones a las AFORES en caso de algún incumplimiento; vigila que se resguarden debidamente los recursos de los trabajadores así como de que se inviertan de acuerdo a los parámetros y límites establecidos por la Comisión (régimen de inversión). (CONSAR, 2012)

- f) Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF).

Es un Organismo Público Descentralizado, cuyo objeto es promover, asesorar, proteger y defender los derechos e intereses de las personas que utilizan o contratan un producto o servicio financiero ofrecido por las Instituciones Financieras que operen dentro del territorio nacional, así como también crear y fomentar entre los usuarios una cultura adecuada respecto de las operaciones y servicios financieros.

- g) Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB)

Es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y recursos propios, el cual fue creado por la Ley de Protección al Ahorro Bancario. Este Instituto es el encargado de administrar el sistema de protección al ahorro bancario, a favor de las personas que realicen cualquiera de las operaciones garantizadas en términos y con las limitantes determinadas por la Ley de Protección al Ahorro Bancario.

Además garantiza los depósitos bancarios de los pequeños y medianos ahorradores, y resuelve al menor costo posible bancos con problemas de solvencia, contribuyendo a la estabilidad del sistema bancario y a la salvaguarda del sistema nacional de pagos.

Es importante mencionar que el IPAB garantiza el reembolso a los ahorradores bajo dos condiciones:

- Se realizara el reembolso al ahorrador siempre y cuando la institución que resguarda el capital este respaldada por el IPAB.
- El reembolso equivalente podrá ser de hasta 400,000 unidades de inversión (UDI's) por persona, física o moral, cualquiera que sea el número y clase de las obligaciones garantizadas a favor del ahorrador y a cargo de un mismo banco.

Por esta razón es considerado parte importante del sistema financiero mexicano para que todo funcione de manera correcta. (IPAB, 2013).

## **1.2 Mercados Financieros**

El Banco de México define a los mercados financieros como los foros y conjuntos de reglas que permiten a los participantes realizar operaciones de inversión, financiamiento y cobertura, a través de diferentes intermediarios, mediante la negociación de diversos instrumentos financieros (BANXICO, 2013).

### **1.2.1 Clasificación de los mercados financieros**

Los mercados financieros se clasifican normalmente atendiendo a tres criterios: el tiempo, el destino de los fondos y el rendimiento.

#### **a) En cuanto a tiempo**

En cuanto al tiempo se clasifican en corto plazo, mediano plazo y largo plazo. En el corto plazo se considera un horizonte de tiempo menor a un año comercial, el largo plazo se refiere en general a un periodo mínimo de tres años, el mediano plazo es la expresión aplicable a cualquier período comprendido entre el largo y el corto plazo.

La duración de este período depende del contexto al que se refiera, pero concretamente en el caso de los mercados financieros es el correspondiente a todas aquellas operaciones con un vencimiento superior al año.

#### **b) En cuanto a destino de los fondos**

Los mercados financieros en cuanto al destino de los fondos se clasifican en mercado primario y mercado secundario. El mercado primario es el mercado en el que se negocian activos financieros como los bonos, acciones, obligaciones y papel comercial, entre otros de reciente creación, por lo que en este mercado ocurre una sola vez al momento de su emisión. También se conoce como mercado de emisión.

En el mercado secundario se negocian activos financieros previamente emitidos y cambian su titularidad, en esta negociación el dinero recibido en contraprestación del título no termina en la sociedad emisora (empresa), si no es entregado a los tenedores de los títulos valor.

Para poder participar en este mercado los títulos han de cumplir el requisito de ser negociables legalmente.

c) En cuanto a rendimiento

En los mercados financieros el rendimiento es una constante asociada al riesgo, el riesgo se asume como la pérdida de toda la inversión realizada, al invertir con un riesgo alto, normalmente se asocia con un rendimiento alto, y por el contrario si el riesgo es menor hay menor rendimiento en este caso el riesgo en que se incurre garantiza que no se pierde la totalidad de la inversión, sin embargo si se tienen pérdidas.

En la Tabla 3 podrá apreciar con mayor detalle las características ya mencionadas.

En resumen los mercados financieros son diferentes debido esencialmente a los títulos valor que se negocian, además de la volatilidad, el riesgo, el plazo, la rentabilidad y la liquidez que cada uno de estos mercados ofrece.

**Tabla 3.** Características esenciales de los mercados financieros

<b>Factores</b>	<b>Mercado de Dinero</b>	<b>Mercado de Capitales</b>	<b>Mercado de Divisas</b>	<b>Mercado de Metales</b>	<b>Mercado de Derivados</b>
<b>Volatilidad</b>	Baja	Alta	Alta	Media	Alta
<b>Riesgo</b>	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto
<b>Plazo</b>	Corto plazo (un año)	Largo plazo (3 años)	Corto y mediano plazo	Largo plazo (3 años)	Corto, mediano y largo plazo
<b>Rentabilidad</b>	Media	Alta	Alta	Asegurada	Alta
<b>Liquidez</b>	Inmediata	No hay	Inmediata	Restringida	Restringida

**Fuente:** (Morales & Morales, 2005)

Además de las anteriores categorías, los mercados financieros también pueden clasificarse atendiendo a su especialidad en: mercado de dinero, mercado de capitales, mercado de divisas, mercado de metales, mercado de derivados. La presente clasificación se hace de acuerdo a los instrumentos que se operan dentro de estos mercados que serán descritos con mayor detalle a continuación.

### **1.2.2 Mercado de Divisas**

El mercado de divisas es el mercado donde se establece el precio de las diferentes divisas ya que en él confluyen los oferentes y los demandantes de las mismas. Al precio de las divisas se le denomina tipo de cambio.

En general, cada divisa da origen a un mercado que no está ligado a un lugar geográfico determinado, hablándose así del mercado del dólar, del euro, del yen, de la libra esterlina, etc. además funciona las 24 horas del día (Alonso, 2010).

Las principales funciones del mercado de divisas son transferir poder adquisitivo de un país a otro, financiar el comercio internacional, así como proporcionar cobertura frente al riesgo de cambio. Estas funciones son realizadas de forma ortodoxa por el mercado, pero no se debe olvidar que este es un sistema, en su conjunto, altamente especulativo.

En cuanto a las operaciones del mercado de valores, estas se llevan a cabo a través de las salas de cambio o contratación de los principales bancos comerciales. El contacto entre los intermediarios financieros puede ser directo o a través de un *broker*, garantizándose, en este último caso, el anonimato de los operadores hasta que la operación se llegue a cerrar.

Entre las operaciones más frecuentes en el mercado de divisas se encuentra: el mercado al contado (spot) y a plazo (forward), operaciones de arbitraje, arbitraje de interés, swaps, futuros y opciones (Alvarez M. , 2013).



### **1.2.3 Mercado de Derivados**

Es aquel a través del cual las partes celebran contratos con instrumentos cuyo valor depende del valor de otro activo, denominado activo subyacente. Es decir que los derivados financieros son instrumentos cuyo precio o valor no viene determinado de forma directa sino que dependen del precio de otro activo al cual denominamos activo subyacente. Este activo subyacente puede ser una acción, un índice bursátil, una materia prima, o cualquier otro tipo de activo financiero como son las divisas, los bonos y los tipos de interés (PlanetaForex, 2014).

Así mismo los derivados se caracterizan por requerir de una inversión inicial muy pequeña en comparación con otros tipos de contratos que presentan una respuesta parecida ante los cambios en las condiciones generales del mercado, fenómeno que permite al inversionista tener mayores ganancias así como pérdidas más elevadas si la operación no se desarrolla como creía. Como todo contrato, los derivados se liquidan en una fecha futura (PlanetaForex, 2014).

El mercado de derivados se divide en:

a) Mercado Bursátil.

Es aquel en el que las transacciones se realizan en una bolsa reconocida. En México la bolsa de derivados se denomina Mercado Mexicano de Derivados (MexDer). Actualmente MexDer opera contratos de futuro y de opción sobre los siguientes activos financieros: dólar, euro, bonos, acciones, índices y tasas de interés.

b) Mercado Extrabursátil

Se trata de aquel en el cual se pactan las operaciones directamente entre compradores y vendedores, sin que exista una contraparte central que disminuya el riesgo de crédito.

En resumen la función primordial del mercado de derivados consiste en proveer instrumentos financieros de inversión y cobertura que fomenten una adecuada administración de riesgos (Santillan, 2007).

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

El mercado de capitales está constituido por los activos financieros negociables emitidos a largo plazo, tanto en forma de deuda como de participaciones en el capital de una empresa. Se caracteriza por sus diferentes grados de riesgo y de liquidez.

Los instrumentos que predominan en este son los emitidos por las empresas, muchas de las cuales están involucradas en sendos procesos de expansión, representando con ello el mayor porcentaje de documentos y montos negociados en este mercado, en comparación con el mercado de dinero, donde sobresalen los instrumentos emitidos por el gobierno sobre los de origen privado, en su afán de reducir el déficit público en el corto plazo (Gómez, 2002).

Los mercados de capitales atendiendo a su especialidad se clasifican, en Mercados de Crédito a Largo Plazo (préstamos y créditos bancarios) y Mercados de Valores. Para efectos de esta investigación nos enfocaremos en concreto al Mercado de Valores (Roldán, 2006).

##### **1.2.4.1 Mercado de Valores.**

El mercado de valores es un tipo de mercado de capitales, en él se negocia la renta variable y la renta fija de una forma estructurada, a través de la compraventa de valores negociables. Permite la canalización de capital a medio y largo plazo de los inversores a los usuarios. Como en todo mercado existe un componente de oferta y otro de demanda, en este caso, la oferta está representada por títulos emitidos, en tanto que la demanda la constituyen los fondos disponibles para inversión procedentes de personas físicas o morales.

Es decir que el Mercado de Valores cumple con la función de captar a través de la colocación de diversos instrumentos representativos de capital o deuda, recursos que son utilizados para el financiamiento de entes económicos como son: Empresas, Gobierno Federal, Estatal y Municipal; así como a entidades financieras (CEFP, 2009).

Acudir al mercado de valores para obtener financiamiento bursátil trae consigo una serie de beneficios, en los que destacan (CEFP, 2009):

- Aumenta el valor de la empresa: Las empresas que se vuelven públicas al emitir acciones resultan ser más atractivas y tienden a generar mayor valor para sus accionistas que las de empresas privadas.
- Fortalecer la estructura financiera: Al fortalecer la estructura financiera mediante una oferta pública de instrumentos de deuda o de capital, es posible: optimizar costos financieros, obtener liquidez inmediata, consolidar y reestructurar pasivos, modernizarse y crecer, financiar investigación y desarrollo.
- Obtener reconocimiento financiero: El acceso al financiamiento bursátil en el mercado de valores es un procedimiento exigente. Obtenerlo constituye un reconocimiento al grado de madurez de la empresa y liderazgo de sus directivos.
- Flexibilizar las finanzas de los empresarios: Los accionistas originales pueden incrementar su liquidez y obtener la flexibilidad para tomar decisiones sobre su patrimonio aprovechando las posibilidades que ofrece la participación en el mercado bursátil.

Los agentes económicos participantes en el mercado de valores son emisores de Valores, Inversionistas, Intermediarios Bursátiles, Autoridades y Otros participantes (instituciones que coadyuvan al buen funcionamiento y operación del mercado de valores como Bolsas de Valores, Instituciones para el depósito de valores, etc.).

Los instrumentos negociados en este mercado son acciones, bonos, instrumentos de corto plazo, etc. desde su emisión, primera colocación, transferencia, hasta la extinción del título. Los valores, según sea el caso, otorgan derechos en la participación en las ganancias de la empresa (dividendos), en la adopción de acuerdos sociales (derecho al voto en las Juntas Generales de Accionistas), o a recibir pagos periódicos de intereses.

El mercado de valores está conformado por el mercado primario y el mercado secundario. El mercado primario se denomina así porque allí se negocian las primeras emisiones de títulos representativos de deuda o de capital. El mercado secundario los valores ya emitidos se pueden negociar, es decir una vez que el valor se encuentra en manos de un inversor, éste puede venderlo a otro y obtener dinero a cambio, y a su vez, este otro inversor puede vendérselo a otro, y así sucesivamente, conformando el mercado secundario (Ministerio de Economía y Finanzas, 2014).

En este mercado se pueden distinguir dos tipos de instrumentos:

- 1) Instrumentos de renta variable
- 2) Instrumentos de renta fija.

Sus principales características se describen a continuación.

#### *1.2.4.1.1 Instrumentos de Renta Variable.*

Los instrumentos de renta variable son aquellos en donde no se conocen los flujos de renta que generarán (los cuales incluso pueden ser negativos), pues estos dependen de diversos factores tales como el desempeño de una empresa, el comportamiento de mercado, la evolución de la economía, entre otros factores. En general, los instrumentos de renta variable generan una mayor rentabilidad que los de renta fija, pero presentan un alto nivel de riesgo.

Ejemplo de instrumentos de renta variable son las acciones.

- a) Acciones

La Bolsa Mexicana de Valores (BMV) conceptualiza a las acciones como títulos que representan parte del capital social de una empresa, la tenencia de las acciones otorga a sus compradores los derechos de un socio.

Los rendimientos para el inversionista se presentan como dividendos generados por la empresa (las acciones permiten al inversionista crecer en sociedad con la empresa y, por lo tanto, participar de sus utilidades) y ganancias de capital (diferencial entre el precio de compra y el precio de venta).

El plazo en este valor no existe, pues la decisión de venderlo o retenerlo reside exclusivamente en el tenedor. El precio está en función del desempeño de la empresa emisora y de las expectativas que haya sobre su desarrollo. Asimismo, en su precio también influyen elementos externos que afectan al mercado en general (BMV, 2007).

#### a.1) Tipos de Acciones

Las acciones son clasificadas por la BMV en acciones ordinarias, preferentes y Saving.

*i) Acciones Ordinarias:* Garantizan al accionista el derecho a participar y votar en juntas generales de accionistas ordinarias y extraordinarias. Los accionistas ordinarios tienen derecho a ver el libro de socios y el acta de las juntas, tienen acceso al estado financiero antes de que se celebre la junta que lo aprueba, reciben pago de dividendos cuando la empresa presenta beneficios y, en caso de disolución de la compañía, los accionistas ordinarios son los últimos que cobran (Las bolsas de valores, 2013).

*ii) Acciones Preferentes:* Los accionistas preferentes no tienen derecho a participar y votar en juntas ordinarias. Sin embargo pueden hacerlo en las extraordinarias. En cambio tienen garantizado el pago de un dividendo que normalmente es superior que el de las ordinarias y en caso de disolución de la sociedad, cobrarían antes que los ordinarios.

*iii) Acciones de Saving:* Los accionistas "saving" no tienen ningún derecho a participar ni a votar en las juntas. A cambio reciben el pago de un mínimo dividendo (un 5% del valor nominal de la acción o de un 2% más del dividendo ordinario). En caso de liquidación de la compañía estos accionistas tienen derecho al total del valor nominal de sus acciones. Cobran antes que los accionistas ordinarios y los preferentes. Estas acciones sólo pueden ser compradas por accionistas catalogados y son siempre acciones nominativas.

En el actual sistema económico tanto las acciones *saving* como las preferentes están pasando de moda. Las emiten sólo las empresas que quieren capital pero sin perder nada de control. Los inversores están cada vez menos interesados en este tipo de

productos y ninguna compañía del Nuevo Mercado los tiene (Las bolsas de valores, 2013).

## a.2) Derechos que se adquieren al comprar una Acción

Como ya se menciona la tenencia de las acciones otorga a sus compradores derechos económicos y políticos.

### i) *Derechos económicos.*

- Negociar libremente las acciones: Es decir que cuando las adquirimos tenemos el derecho a venderlas en el momento en que necesitemos disponer de nuestros recursos.
- Participar del dividendo y la valorización: como accionistas también recibimos el derecho a participar de las utilidades que registra el emisor (dividendo) y de la valorización (o pérdida) dada por la diferencia entre el precio de compra y el de venta de nuestras acciones. Es importante tener en cuenta que para poder recibir dividendos, éstos deben ser decretados por la Asamblea de Accionistas, mientras que la valorización depende de las fuerzas del mercado como veremos más adelante.
- Recibir una parte de los activos del emisor en caso de liquidación: en caso que la empresa de la cual seamos accionistas se liquide, tendremos el derecho a recibir una parte proporcional de los activos una vez el emisor pague todas sus obligaciones con empleados y acreedores.

### ii) *Derechos políticos.*

Son la posibilidad de participar y votar en la Asamblea de Accionistas y de revisar los libros de la empresa dentro de los límites de tiempo establecidos para ello.

### a.3) Valuación de Acciones

La valuación de acción es el proceso de estimar el precio de un activo, considerando diversos elementos relacionados con el desempeño de la empresa, así como el ambiente o contexto de la misma, a fin de obtener la información necesaria y suficiente para tomar decisiones sobre invertir o no en la compañía, realizar fusiones o adquisiciones (Scribd, 2011) . Por esta razón es importante conocer que las acciones tienen un valor contable y un valor de mercado.

El valor contable se obtiene a partir de uno de los estados financieros, llamado balance general de donde se calcula el valor del capital total. El balance general se compone del Activo, Pasivo y Capital el cual se observa en la Figura 2.

<p><b>ACTIVO</b></p> <p>Cuentas por cobrar        \$</p> <p>Certificados de depósito \$</p> <p>Derechos sobre _____ \$</p> <p>Activos                        \$</p> <p>Crédito mercantil        \$</p> <p>TOTAL ACTIVO        _____</p>	<p><b>PASIVO</b></p> <p>Papel comercial                \$</p> <p>Pagares de mediano plazo    \$</p> <p>Bonos estructurados        \$</p> <p>Obligaciones                    \$</p> <p>Obligaciones subordinadas    \$</p> <p>Oblig. convertidas en acciones \$</p> <p>TOTAL PASIVO        _____</p> <hr/> <p><b>CAPITAL</b></p> <p>Acciones preferentes        \$</p> <p>Acciones _____        \$</p> <p>Acciones de capital fijo        \$</p> <p>Reserva                            \$</p> <p>TOTAL CAPITAL        _____</p>
--	--

**Figura 2:** Balance General  
**Fuente:** CONDUSEF 2013

El activo se define como todo lo que posee la compañía en efectivo (inversiones, inventarios, cuentas por cobrar, derechos, edificios, muebles, equipo, maquinaria y crédito mercantil); el pasivo es todo lo que debe la compañía, por ejemplo alguna deuda que utilizo para comprar maquinaria o instrumentos de deuda que cobro en el mercado de valores para financiarse; y el capital es todo el beneficio o pérdida que poseen los accionistas. (CODUSEF, 2013).

Entonces tenemos que el Total del Activo equivale a:

$$ACTIVO = PASIVO + CAPITAL$$

En este caso nos interesa, para conocer lo que es propiedad de los accionistas, la relación como:

$$CAPITAL = ACTIVO - PASIVO$$

La formula se divide entre el número de acciones en circulación (= acciones totales – acciones no pagadas o de tesorería) dando como resultado el Valor en Libros por Acción:

$$VALOR EN LIBROS POR ACCIÓN = \frac{CAPITAL}{NÚMERO DE ACCIONES EN CIRCULACIÓN}$$

Es decir para calcular la propiedad de los accionistas a todo lo que tiene la compañía se le resta lo que debe, y luego se distribuye entre el número de accionistas para saber cual es el “Valor en Libros por Acción”.

A lo anterior se le conoce como Valor en Libros, que sería el valor de la acción si la empresa vendiera todo al precio que lo tiene registrado en sus estados financieros, pagara sus deudas y distribuyera el restante entre cada uno de sus accionistas (CODUSEF, 2013).

Pero en el Mercado de Valores, el precio relevante es el Precio de Mercado que es el precio al que cotiza. Este precio toma en cuenta el valor futuro de la acción, es decir cuanto puede llegar a valer con siderando las ganancias que podrá tener y los dividendos que pagará. El precio futuro se obtiene del flujo de efectivo .Entonces



tenemos que para calcular el Valor de la Empresa se trae a valor presente las ganancias futuras.

$$VALOR DE LA EMPRESA = VALOR EN LIBROS ACTUAL + GANANCIAS FUTURAS$$

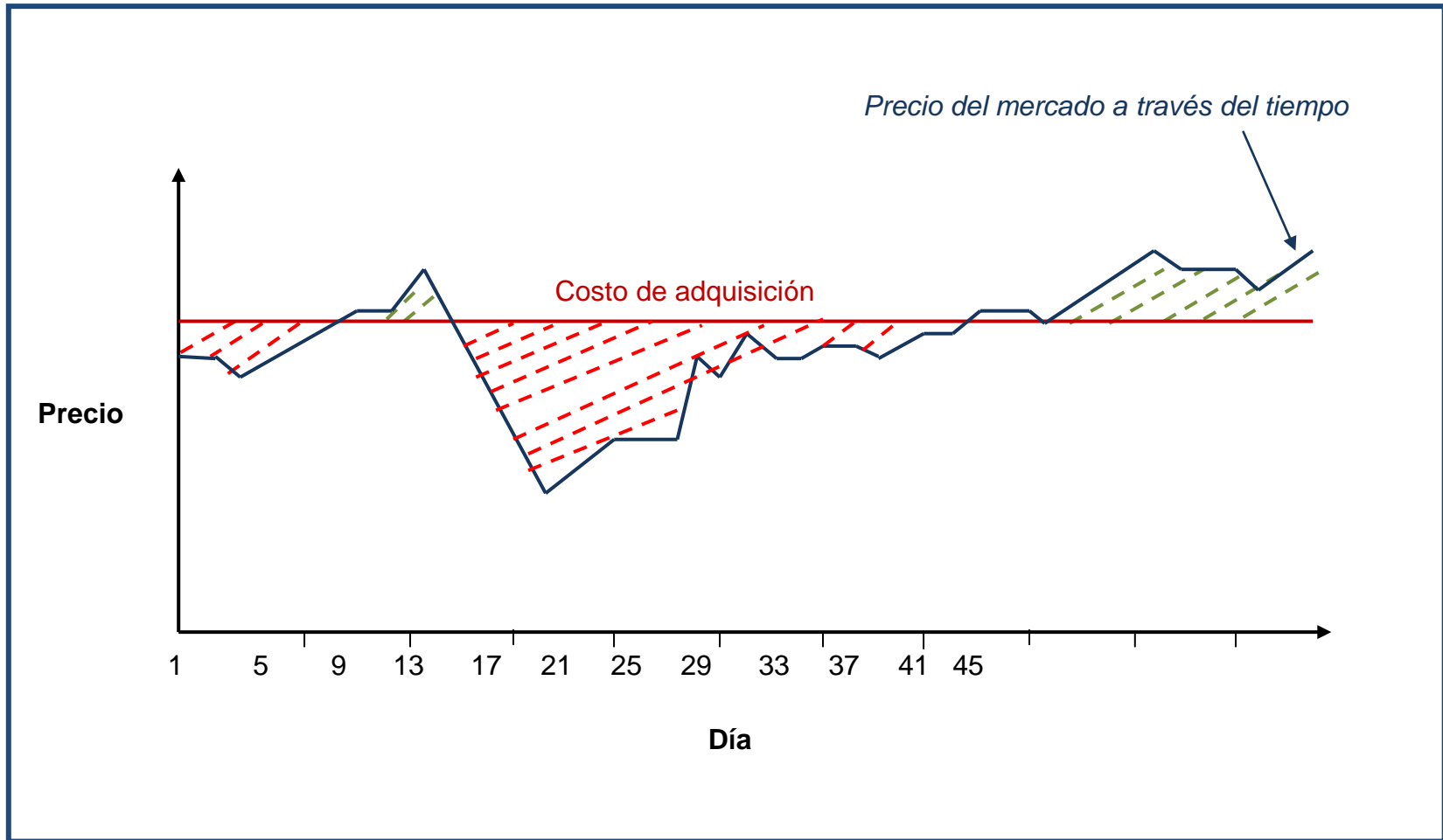
El resultado de traer a valor presente las ganancias futuras y sumar ese valor a capital actual nos da el valor total de la la empresa considerandola como un negocio en marcha, lo que significa que se considera su valor en libros actual y los rendimientos que producira con sus activos (CODUSEF, 2013).

Para calcular el valor de cada acción se toma el valor de la empresa y se divide entre el número de acciones en circulacion.

Es importante mencioner que hay otros factores externos que influyen en el precio de mercado de la acción como las tasas de interés, necesidades de liquidez en el mercado, tendencia general del mercado (efectos psicológicos), simulación economica (que tambien pude afectar psicológicamente). Sin embargo esta estimacion tiene como proposito tener un párametro para ver si está cara o barata la acción, para una compra de largo plazo (más de tres años).

El precio de la acción en el mercado es un parámetro que varia en el tiempo (incluso puede variar diario, por eso es importante informarse sobre los eventos relevantes a la empresa en la que se invirtio). Puede aumentar cuando la empresa mejora su competitividad, la situacion económica sea estable y las tasas de interes sean más bajas, etc; ó disminuir cuando la empresa no mantuvo sus niveles de productividad, si la economia no le permitió seguir con el mismo nivel de ventas, si las tasa de intres son altas, entre otras (CODUSEF, 2013).

La valuacion de las acciones es importante para poder determinar un precion de mercado que sirva de parametro para saber cuanto pagar ó en cuanto vender una acción. En la Figura 3 se ejemplifica cuando el precio está por debajo del costo de adquisición (zonas rojas) hay perdida al vender y cuando está por arriba (zonas verdes) habria ganacia al vender.



**Figura 3:** Evolución del precio de mercado de las acciones  
**Fuente:** CONDUSEF 2013

#### *1.2.4.1.2 Instrumentos de Renta Fija*

Son aquellos que proporcionan un rendimiento predeterminado a mediano, largo plazo o indefinido, el riesgo y volatilidad es menor en comparación con los instrumentos de renta variable, razones por las cuales los instrumentos de renta fija son una gran alternativa para lograr una inversión segura para tiempos inciertos y para diversificar los portafolios (Rombiola, 2010) .

Entre los instrumentos de renta fija se encuentran los Certificados de Participación, Obligaciones, Contratos Opcional (Warrants), entre otros.

En los siguientes párrafos se definen los instrumentos mencionados.

##### a) Certificados de Participación

De acuerdo con el artículo 228 de la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito son títulos de crédito emitidos por una sociedad fiduciaria que atribuyen a sus tenedores el derecho de una parte proporcional de los rendimientos, de la titularidad, así como a una parte proporcional de la venta de dichos bienes. Los fideicomisos se constituyen sobre toda clase de empresas industriales y mercantiles, consideradas como unidades económicas.

Es importante mencionar que la Comisión Nacional Bancaria y de Valores se encarga de aprobar los términos y condiciones de las emisiones de certificados de participación, así como los textos de las actas de emisión y de los certificados y cualquiera modificación de ellos.

Los certificados de participación son de carácter nominativo es decir deben contener el nombre de la persona que los posee, se emiten provistos de cupones y se expiden en varias series en denominaciones de cien pesos o de sus múltiplos. Hay dos tipos el Ordinario (CPO's) e Inmobiliarios (CPI's), el primer fideicomiso está constituido por bienes muebles y el segundo por bienes inmuebles (LGTOC, 2008).

## b) Obligaciones

Son títulos de crédito que dejan constancia de una deuda a cargo de los estados o de empresas privadas, conjuntamente representan la participación individual de sus tenedores en un crédito colectivo constituido a cargo de la sociedad emisora.

Son nominativas y se emiten en denominaciones de cien pesos o de sus múltiplos, excepto tratándose de obligaciones que se inscriban en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, y se coloquen en el extranjero entre el gran público inversionista, en cuyo caso podrán emitirse al portador.

Las obligaciones llevan adheridos cupones y dan a sus tenedores, dentro de cada serie, iguales derechos. Se clasifican en cinco tipos de obligaciones: hipotecaria, quirografaria, subordinadas convertibles en acciones, prendarias y con garantía fiduciaria. Además se pueden emitir como subordinadas, convertibles, rendimientos capitalizables, colocaciones múltiples, vinculadas al índice de precios al consumidor e indizadas (LGTOC, 2008).

## c) Contrato Opcional (Warrants)

Los Contratos Opcionales también llamados Warrants son documentos que otorgan a sus tenedores el derecho de comprar o vender, a un precio preestablecido, un determinado número de acciones referidas o de otro instrumento o índices accionarios establecidos. Se emiten con fechas determinadas a cambio del pago de una prima.

Los Warrants pueden ser de:

- *De compra*: otorgan el derecho al tenedor de adquirir del emisor las acciones o canasta de referencia o bien recibir la suma de dinero que resulta de la diferencia positiva determinada en la fecha de ejercicio, entre el precio corriente de mercado de la acción de referencia o del conjunto de acciones de la canasta de referencia, según sea el caso

- *De venta:* otorgan a sus tenedores el derecho de vender al emisor las acciones o canasta de referencia, recibir del emisor la suma de dinero que resulte de la diferencia positiva determinada en la fecha de ejercicio, entre el precio de ejercicio y el precio corriente de mercado de la acción de referencia o del conjunto de acciones de la canasta de referencia, según sea el caso.

#### **1.2.4.2 Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV-SENTRA Capitales).**

El BMV-SENTRA Capitales es el sistema desarrollado por la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) en colaboración con operadores, especialistas en sistemas y administradores de casas de bolsa, para la operación y negociación de valores en el mercado bursátil.

El sistema es administrado por la BMV y se caracteriza por:

- Proporcionar al usuario el medio para negociar valores oportuna y eficazmente en el mercado de capitales.
- Muestra información en tiempo real, cuenta con una visión de conjunto de las posturas, identifica las mejores opciones de inversión para los clientes y participa directamente en el mercado.
- Permite que las posturas se ingresen a través de los formatos de compra y venta.
- Proporciona información completa, brindando al usuario la seguridad de interactuar dentro de un dispositivo operado con estricto apego al marco legal y reglamentario dispuesto por las autoridades del ramo bursátil y financiero, sustentado en una plataforma tecnológica avanzada.

- Ofrece seguridad y equidad en las operaciones realizadas en el mercado de capitales debido a que cuenta con un soporte institucional, estricta vigilancia y absoluta transparencia.

Las operaciones que se realizan en el SENTRA capitales son: transacciones del mercado accionario, ofertas públicas, operaciones de registro, operaciones de picos (Renta variable y renta fija), registros de precios de valuación de fondos de inversión, operatividad de obligaciones además transacciones de los títulos opcionales warrants.

Asimismo los productos del mercado de capitales, se negocian de acuerdo a los esquemas de operación continua, por subasta y mixto. El primero es el procedimiento mediante el cual las posturas pueden registrarse y las operaciones perfeccionarse en cualquier horario correspondiente, en el caso de subasta las posturas solo pueden registrarse durante el periodo de subasta, por último el mixto hace referencia a los esquemas de operación continua y por subasta (Bolsa Mexicana de Valores, 2012).

### **1.2.4.3 Índice de Precios y Cotizaciones (IPC).**

El Índice de precios y cotizaciones (IPC) es el registro estadístico más importante de la BMV, está compuesto por 35 emisoras. A partir del IPC, los inversionistas pueden hacer una evaluación del comportamiento del mercado y establecer estrategias financieras que les representarán un mayor rendimiento en sus proyectos de inversión a futuro.

Por esta razón es importante saber ¿qué es?, ¿cómo se calcula? además de los criterios de selección y la lista de las emisoras, temas que se desarrollan a continuación.

#### *1.2.4.3.1 Definición.*

El IPC es el indicador de la evolución del mercado accionario en su conjunto. Este índice expresa el rendimiento que puede tener este mercado tomando como referencia la variación de precios de una muestra de todos los títulos que se negocian en la bolsa. Es decir refleja cuanto ganó o perdió la BMV en una jornada (Bolsa Mexicana de Valores, 2013).

#### 1.2.4.3.2 Criterios de Selección.

De acuerdo con la Bolsa Mexicana (2013) hay cinco criterios de selección de la serie accionaria de aquellas emisoras que integrarán la muestra del IPC establecidos en la Nota Metodológica del Índice de Precios y Cotizaciones que entro en vigor en septiembre 2014.

Los filtros que deben cumplir las series accionarias son:

- i) *Tiempo mínimo de operación continua:* Serán elegibles aquellas emisoras que tengan al menos 3 meses calendario de operación continua previos al mes de revisión de la muestra.
- ii) *Porcentaje de acciones flotantes mínimo:* Serán elegibles aquellas emisoras cuyo porcentaje de acciones flotantes sea igual o mayor al 12% o su valor de capitalización flotado sea igual o mayor a 10 mil millones de pesos en la fecha de selección.
- iii) *Valor de capitalización flotado mínimo:* Serán elegibles las series accionarias cuyo valor de capitalización flotado, considerando el precio promedio ponderado de los últimos tres meses, sea igual o mayor al 0.1% del valor de capitalización, ponderado de los últimos tres meses, de la muestra del IPC.
- iv) *Mayor factor de rotación:* Son elegibles las 55 series accionarias que tienen el mayor factor de rotación, medido como la mediana de medianas mensuales de la rotación relativa al importe acumulado durante los 12 meses previos al mes de revisión de la muestra.
- v) *Calificación conjunta de los siguientes indicadores para cada una de las 55 series accionarias de las Emisoras que pasaron los filtros anteriores:* Calificación conjunta del Factor de Rotación, (medido como la mediana de medianas mensuales de la rotación relativa al importe acumulado durante los 12 meses previos al mes de revisión de la muestra), el valor de capitalización

flotado, y la mediana de medianas mensuales del importe operado en Bolsa en los 12 meses previos al mes de revisión de la muestra.

#### 1.2.4.3.3 Muestra Actual del IPC

La muestra del IPC, está integrada por las emisoras más representativas del sector accionario, estas se seleccionan bimestralmente de acuerdo al nivel de bursatilidad de los títulos operados, el cual toma en cuenta variables como: número de operaciones, importe negociado, días operados y razón entre el monto operado y el monto suscrito.

La variación en los Precios de las Acciones determina el rendimiento para el inversionista. Se suelen elegir las más negociadas y con mayor crecimiento durante un año, a fin de garantizar que los resultados que se obtengan durante el siguiente año tengan el respaldo de empresas sólidas.

Esta muestra del IPC, se da a conocer todos los años a mediados de enero, la cual comienza a surtir efecto a partir de febrero para los siguientes 12 meses. Además es importante mencionar que a la muestra se le realiza una revisión una vez al año en el mes de agosto con datos de cierre del mes de julio y entra en vigor el primer día hábil del mes de septiembre, a razón de alguna situación especial por algún evento corporativo o de mercado.

La Tabla 4 muestra a lista de las emisoras que actualmente forman el IPC de la Bolsa Mexicana de Valores en 2015:

**Tabla 4.** Muestra del IPC

	<b>SIMBOLO</b>	<b>NOMBRE</b>
1	AC.MX	ARCA CONTINENTAL
2	ALFAA.MX	Alfa S.A.B de C.V
3	ALPEKA.MX	ALPEK-A
4	ALSEA.MX	Alsea, S.A.B. De C.V.
5	AMXL.MX	América Móvil S.A.B. de C.V.
6	ASURB.MX	Grupo Aeroportuario del Sureste, SAB de CV
7	BIMBOA.MX	Grupo Bimbo, S.A.B. de C.V.



8	BOLSAA.MX	Bolsa Mexicana de Valores SAB de CV
9	CEMEXCPO.MX	CEMEX, S.A.B. de C.V.
10	COMERCIUBC.MX	Controladora Comercial Mexicana SAB DE CV
11	ELEKTRA.MX	Grupo Elektra, S.A.B. de C.V.
12	FEMSAUBD.MX	Fomento Económico Mexicano, S.A.B de C.V
13	GAPB.MX	Grupo Aeroportuario del Pacífico S.A.B. de CV
14	GCARSOA1.MX	Grupo Carso, S.A.B. de C.V.
15	GENTERA.MX	GENTERA
16	GFINBURO.MX	Grupo Financiero Inbursa, S.A.B. de C.V.
17	GFNORTEO.MX	Grupo Financiero Banorte, S.A.B. de C.V.
18	GFREGIOO.MX	BANREGIO GRUPO-O
19	GMEXICOB.MX	Grupo México S.A.B. de C.V.
20	GRUMAB.MX	Gruma S.A.B. de CV
21	ICA.MX	Empresas ICA, S.A.B. de C.V.
22	ICHB.MX	Industrias CH, SAB de CV
23	IENOVA.MX	IENOVA
24	KIMBERA.MX	Kimberly - Clark de México S.A.B. de C.V.
25	KOFL.MX	Coca-Cola FEMSA S.A.B de C.V.
26	LABB.MX	Genomma Lab Internacional SAB de CV
27	LALAB.MX	GRUPO LALA-B-I
28	LIVEPOLC-1.MX	El Puerto de Liverpool, SAB de CV
29	MEXCHEM.MX	Mexichem, S.A.B. de C.V.
30	OHLMEX.MX	OHL MEXICO
31	PE&OLES.MX	Industrias Penoles S.A.B. DE CV
32	PINFRA.MX	Promotora y Operadora de Infraestructura SAB de CV
33	SANMEXB.MX	Grupo Financiero Santander México, S.A.B. de C.V.
34	TLEVISACPO.MX	Grupo Televisa, S.A.B.
35	WALMEX.MX	WAL-MART

Fuente: BMV con información de noviembre 2014

## **CAPÍTULO 2: El concepto de Valor en Riesgo (VaR) y la Administración de Portafolios de Inversión**

### **2.1 Administración del Riesgo.**

#### **2.1.1 Definición de Riesgo Financiero.**

El riesgo es un aspecto presente en la vida cotidiana y está relacionado con la posibilidad de que ocurra un suceso o consecuencia desfavorable, es parte fundamental de los procesos de toma de decisión generales. En el área financiera está relacionado con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes de los mercados.

En el este contexto el riesgo representa la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos, ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio (BANXICO, 2005).

#### **2.1.2 Componentes del Riesgo Financiero.**

La identificación de los riesgos es de suma importancia para una adecuada gestión de los mismos, si son claramente identificados será posible su cuantificación lo que a su vez nos permitirá penalizarlos, restringirlos y limitarlos.

Para una correcta cuantificación de los riesgos es necesaria una clasificación de estos, en el Capítulo IV Artículo 66 de las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito (también conocida como Circular Única de Bancos, o CUB) emitida por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) se describen los principales tipos de riesgos a los que se enfrentan las instituciones financieras, clasificados de la siguiente manera:

a) *Riesgos cuantificables.*

Aquéllos para los cuales es posible conformar bases estadísticas que permitan medir sus pérdidas potenciales, de éstos se encuentran los siguientes:

a.1) *Riesgos discretionales (o Sistemáticos)*, que son aquéllos resultantes de la toma de una posición de riesgo, tales como:

i) *Riesgo de crédito o crediticio*, definido como la pérdida potencial por la falta de pago de un acreditado o contraparte en las operaciones que efectúan las Instituciones, incluyendo las garantías reales o personales que les otorguen, así como cualquier otro mecanismo de mitigación utilizado por las Instituciones.

ii) *Riesgo de liquidez*, que puede ser definido de alguna de las siguientes tres maneras:

- La incapacidad para cumplir con las necesidades presentes y futuras de flujos de efectivo afectando la operación diaria o las condiciones financieras de la Institución;
- La pérdida potencial por la imposibilidad o dificultad de renovar pasivos o de contratar otros en condiciones normales para la Institución, por la venta anticipada o forzosa de activos a descuentos inusuales para hacer frente a sus obligaciones o bien, por el hecho de que una posición no pueda ser oportunamente enajenada, adquirida o cubierta mediante el establecimiento de una posición contraria equivalente, o
- La pérdida potencial por el cambio en la estructura del balance general de la Institución debido a la diferencia de plazos entre activos y pasivos.

iii) *Riesgo de mercado*, que se define como la pérdida potencial por cambios en los Factores de Riesgo que inciden sobre la valuación o sobre los resultados esperados de las operaciones activas, pasivas o causantes de pasivo contingente, tales como tasas de interés, tipos de cambio e índices de precios, entre otros.

a.2) *Riesgos no discrecionales (o No Sistemáticos)*, que son aquéllos resultantes de la operación del negocio, pero que no son producto de la toma de una posición de riesgo, tales como el riesgo operacional, que se define como la pérdida potencial por fallas o deficiencias en los controles internos, por errores en el procesamiento y almacenamiento de las operaciones o en la transmisión de información, así como por resoluciones administrativas y judiciales adversas, fraudes o robos, y comprende, entre otros, al riesgo tecnológico y al riesgo legal, en el entendido de que:

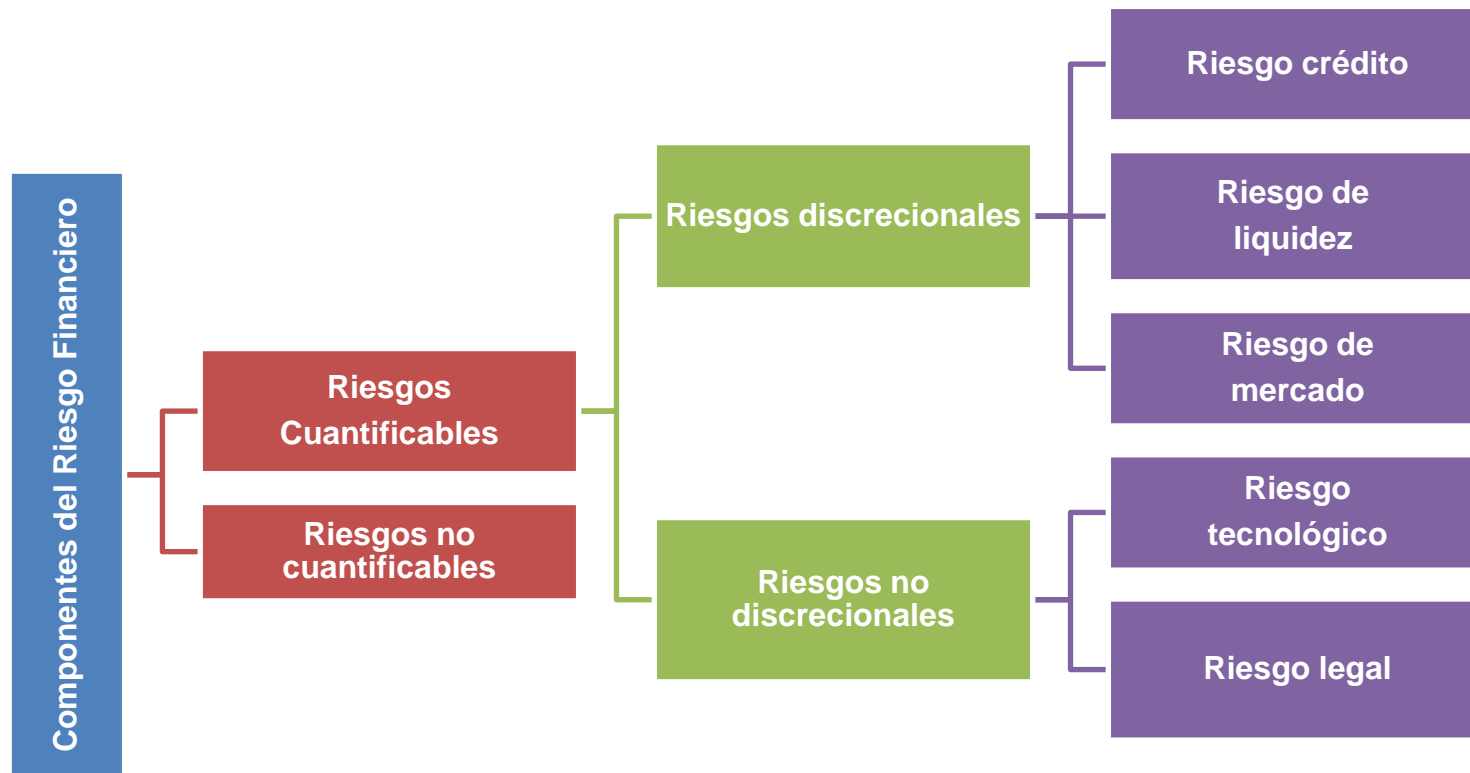
i) *El Riesgo tecnológico* se define como la pérdida potencial por daños, interrupción, alteración o fallas derivadas del uso o dependencia en el hardware, software, sistemas, aplicaciones, redes y cualquier otro canal de distribución de información en la prestación de servicios bancarios con los clientes de la Institución.

ii) *El Riesgo legal* se define como la pérdida potencial por el incumplimiento de las disposiciones legales y administrativas aplicables, la emisión de resoluciones administrativas y judiciales desfavorables y la aplicación de sanciones, en relación con las operaciones que las Instituciones llevan a cabo.

b) *Riesgos no cuantificables*

Que son aquéllos derivados de eventos imprevistos para los cuales no se puede conformar una base estadística que permita medir las pérdidas potenciales.

La clasificación anterior puede ilustrarse por medio de la Figura 4. Es importante remarcar que para una medición correcta de todos los riesgos asumidos se debe tener presente la interacción que existe entre los diferentes tipos de riesgos anteriormente descritos.



**Figura 4.** Componentes del Riesgo Financiero.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **2.1.3 Rendimiento de los activos: Relación Riesgo-Rendimiento.**

El rendimiento de un activo financiero se asocia con la proporción que existe entre los recursos empleados para conseguir algo y el resultado obtenido, por lo que podemos definirlo como la utilidad generada por una operación después de cierto periodo de tiempo (Villarreal, 2008).

De manera inherente todas las operaciones llevan consigo la inseguridad de no obtener los resultados esperados, aquellos que realizan inversiones buscarán siempre obtener el mayor rendimiento posible, sin embargo en la realidad existe diferencia entre el rendimiento esperado y el que realmente se obtuvo, según Villareal (2008) esta diferencia es básicamente el riesgo de la inversión.

La relación riesgo-rendimiento es quizá una de las más importantes que existen en las finanzas, siempre debe mantenerse un equilibrio entre el riesgo asumido y los rendimientos requeridos, esto quiere decir que entre mayor sea el riesgo asumido mayor será el rendimiento esperado por el inversionista (Ávila, 2005). Teoría de Portafolios de Inversión.

### **2.1.4 Diversificación y Portafolios de Inversión**

Uno de los principios financieros fundamentales es que un inversionista no debería poner todos sus recursos en un solo activo o en un número pequeño de activos similares, sino distribuirlos en un conjunto de instrumentos con diferentes características, a esto se le conoce como diversificación, y surge de la imposibilidad que tenemos de predecir cómo se van a desarrollar los acontecimientos futuros (Alvarez F. F., 2012). A través de ella se hace posible disminuir el riesgo de una inversión sin sacrificar rendimiento o bien, aumentar el rendimiento sin incrementar el riesgo de manera sustancial (Villarreal, 2008).

Una de las estrategias básicas de diversificación de riesgos es la conformación de carteras o portafolios de inversión, donde la idea principal es que los posibles malos resultados de ciertos activos se vean compensados con los buenos resultados de otros,

así pues un portafolio es una colección de activos construida con el fin de que el riesgo total de la cartera resulte inferior a la suma de los riesgos individuales de cada uno de los activos que la componen (CaixaBank, 2010).

Siguiendo con lo anterior, una de las cuestiones más importantes que ha surgido sobre el tema hace referencia al modo correcto en el que deben repartirse los recursos entre los activos seleccionados, como veremos en la siguiente sección, especialmente durante los últimos años este punto ha sido ampliamente estudiado dejando en claro el interés que existe y la importancia que tiene la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.

### **2.1.5 Selección y Optimización de Portafolios de Inversión**

Aunque el principio de diversificación expuesto anteriormente ha sido conocido y aplicado por la mayoría de los inversionistas, no fue sino hasta hace unas décadas que se iniciaron los estudios formales con el fin de encontrar métodos sistemáticos de diversificación de riesgos, entre los que destacan la Teoría Moderna de Portafolios y el Modelo de Valoración de Activos Financieros de los cuales se hablará en esta parte.

#### **2.1.5.1 Teoría Moderna de Portafolios: Modelo de Media-Varianza de Markowitz**

En 1952 el economista estadounidense Harry Markowitz publicó en el *Journal of Finance* un artículo titulado *Portfolio Selection* con el cual dió origen a la teoría de construcción de portafolios que utilizamos en la actualidad, posteriormente en 1959 publicó su libro *Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments*, en el que desarrolló con mayor detalle su modelo, su trabajo es prácticamente la primera formalización técnica del concepto de diversificación siendo el punto de partida para una gran cantidad de estudios realizados a partir de esa fecha, su trascendencia hizo al autor merecedor del Premio Nobel de Economía en 1990.

##### *2.1.5.1.1 Supuestos del modelo*

Hasta antes de la publicación del artículo de Markowitz en 1952 la maximización del rendimiento esperado era el único criterio que se utilizaba en la formación de portafolios, en este se suponían conocidos todos los rendimientos futuros de los activos, este criterio tenía una fuerte carencia ya que no consideraba el riesgo asociado a cada uno de los activos, para corregir esta laguna postuló un modelo conocido como Modelo de Media-Varianza (Preixens, 1992).

El modelo de Markowitz fue el primero en considerar el riesgo como elemento en el proceso de selección de un portafolio, su planteamiento considera los siguientes 3 supuestos básicos:

1. El rendimiento de cualquier portafolio es una variable aleatoria para la cual el inversionista estima una distribución de probabilidad para el período de referencia, de este supuesto se desprende que el rendimiento esperado del portafolio es un promedio ponderado de los rendimientos individuales de los activos.
2. El riesgo de un portafolio viene medido por la varianza (o desviación típica) de la variable aleatoria que describa su rendimiento, para este punto podemos asumir a la varianza de los rendimientos como una función de las varianzas de, y de las covarianzas entre, los activos financieros y de sus pesos dentro del portafolio. La idea es que cuanto más disperso se muestren los rendimientos, más grande es la incertidumbre de los mismos en cualquier periodo futuro.
3. La conducta del inversor le lleva a preferir aquellos portafolios con una mayor rentabilidad y menor riesgo, con este supuesto Markowitz plantea que un inversionista buscará siempre conformar portafolios que le permitan:
  - Maximizar el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado, o bien;
  - Minimizar el riesgo asumido dado un nivel de rendimiento esperado.



### 2.1.5.1.2 Rendimiento Esperado del Portafolio

Para un periodo definido, el rendimiento de un activo en particular se considera una variable aleatoria distribuida normalmente, definida mediante la siguiente ecuación:

$$r_i = \frac{p_{i1} - p_{i0}}{p_{i0}} \quad (2.1)$$

Donde

$p_{i0}$  = precio del activo  $i$  al inicio del periodo considerado.

$p_{i1}$  = precio del activo  $i$  al final del periodo considerado.

Así, la rentabilidad del portafolio puede definirse como:

$$R_p = \sum_{i=1}^n w_i r_i \quad (2.2)$$

Donde:

$n$  = número de activos que conforman el portafolio.

$r_i$  = variable aleatoria del rendimiento individual del activo  $i$ -ésimo.

$w_i$  = proporción del presupuesto del inversor destinado al activo  $i$ -ésimo, sujeto a

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

De lo anterior se deriva que, como se señaló anteriormente, el rendimiento esperado de un portafolio sea igual al promedio ponderado de los rendimientos esperados de los  $n$  activos que comprenden el portafolio, esto es:

$$\mu_{R_p} = E[R_p] = E \left[ \sum_{i=1}^n w_i r_i \right] = \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] \quad (2.3)$$

Como se observa en (2.3), el rendimiento total de un portafolio varia al cambiar el peso asignado a cada activo.

### 2.1.5.1.3 Riesgo del Portafolio

El modelo del Markowitz toma como supuesto que el inversionista es adverso al riesgo, de aquí que se busque cumplir cierto nivel de rendimiento con el mínimo de exposición. Sin embargo, como lo explica en su artículo, el portafolio con el mayor rendimiento esperado no suele ser el de menor riesgo, el inversionista puede obtener el rendimiento esperado tomando riesgo o bien reducir el riesgo abandonando parte de su rendimiento.

Se propone la varianza de los rendimientos como medida de riesgo de un portafolio, dentro de esto es importante considerar la correlación existente entre los activos que lo forman, efecto que se logra a través de varianza conjunta o covarianza.

Entonces podemos expresar el riesgo del portafolio como:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{R_p}^2 &= E[(R_p - E[R_p])^2] \\
 &= E \left[ \left( \sum_{i=1}^n w_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] \right)^2 \right] \\
 &= E \left[ \left( \sum_{i=1}^n w_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] \right) \left( \sum_{i=1}^n w_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] \right) \right] \\
 &= E \left[ \left( \sum_{i=1}^n w_i (r_i - E[r_i]) \right) \left( \sum_{j=1}^n w_j (r_j - E[r_j]) \right) \right] \\
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j E[(r_i - E[r_i])(r_j - E[r_j])]
 \end{aligned}$$

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} \quad (2.4)$$

Donde:

$n$  = número de activos que conforman el portafolio.

$w_i$  = proporción del presupuesto del inversor destinado al activo  $i$ -ésimo, sujeto a

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$\sigma_{ij}$  = covarianza entre los activos  $i$ -ésimo y  $j$ -ésimo.

La covarianza es definida de la siguiente forma:

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

Donde:

$\rho_{ij}$  = coeficiente de correlación entre los activos  $i$ -ésimo y  $j$ -ésimo, con:  $-1 \leq \rho \leq 1$

$\sigma_i$  = desviación estándar del activo  $i$ -ésimo.

$\sigma_j$  = desviación estándar del activo  $j$ -ésimo.

El coeficiente de correlación nos permite observar como varía el rendimiento del activo  $i$  al variar el rendimiento del activo  $j$ , una correlación positiva indica que los activos se mueven en el mismo sentido y una correlación negativa que se mueven en sentidos opuestos.

Para efectos del modelo, Markowitz sugiere que los activos menos correlacionados ( $\rho < 1$ ) son preferibles debido a que la reducción de riesgo es mayor para ellos, de hecho en la teoría sería posible construir un portafolio totalmente libre de riesgo si se conformara de activos con correlaciones negativas perfectas ( $\rho = -1$ ), sin embargo en la práctica es difícil encontrar activos con tales características.

Es importante notar que igual que sucede con el rendimiento, el riesgo del portafolio también cambiará en función de la asignación presupuestal que tengan los activos que lo conforman.

#### *2.1.5.1.4 Portafolios eficientes*

Si consideramos las diferentes combinaciones de activos y de asignaciones presupuestales, se puede definir un conjunto de portafolios factibles en los que es posible invertir, cada uno de ellos puede ser descrito en base a su nivel de rentabilidad y a la exposición al riesgo que representa dicha combinación en particular.

Un inversionista escogerá el portafolio óptimo del conjunto de portafolio que:

- Ofrezcan el máximo rendimiento esperado para diversos niveles de riesgo, o bien;
- Ofrezcan el mínimo de riesgo para diversos niveles de rendimiento esperado.

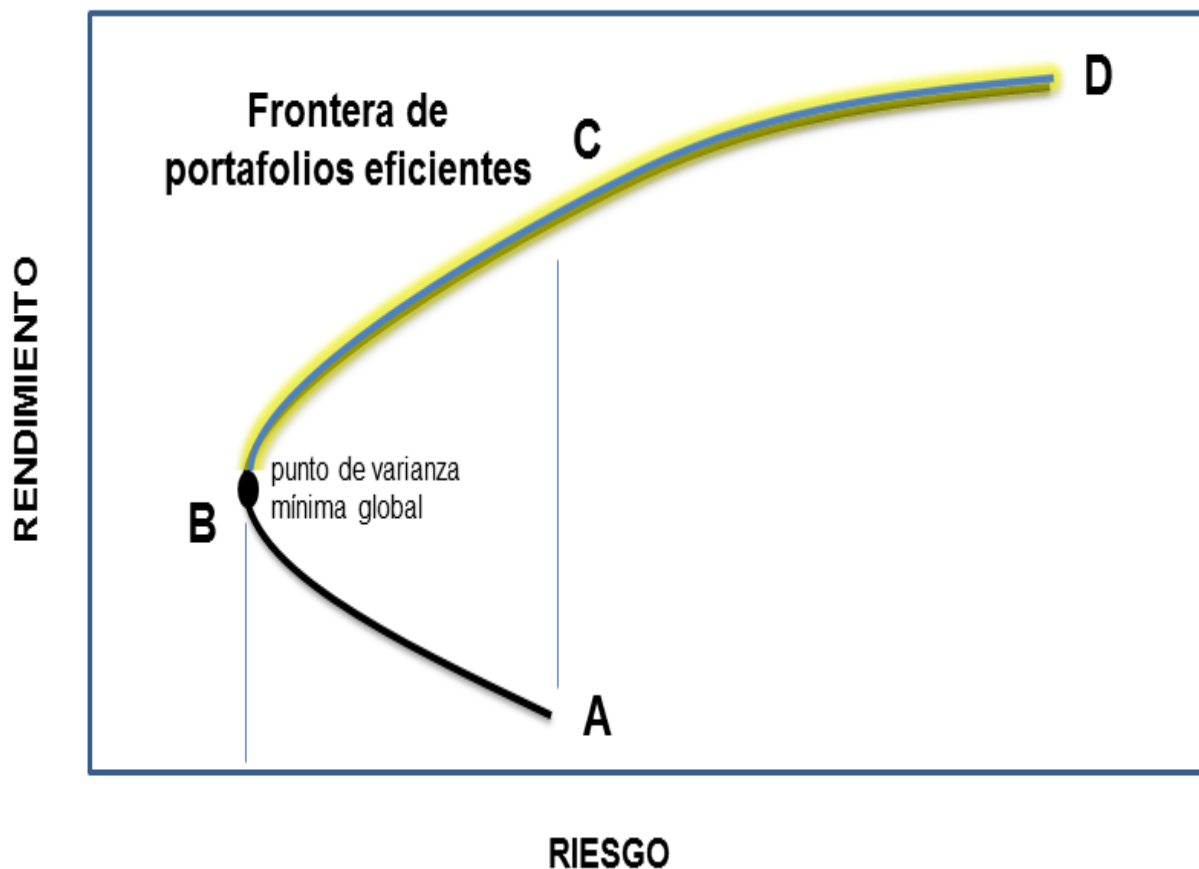
Aquellos portafolios que cumplen con las características mencionadas se denominan “eficientes” y al conjunto de portafolios eficientes se le conoce como “frontera de portafolios eficientes”, su representación gráfica más usual es la mostrada en la Figura 5.

La línea formada por los puntos A,B,C y D se conoce como “curva de varianza mínima” ya que está formada por las combinaciones de activos que producen la varianza mínima para cada nivel de rendimiento, el punto B es llamado “punto de varianza mínima global” por tener la varianza mínima de todas las combinaciones posibles.

El segmento BD es considerado la frontera de portafolios eficientes ya que concentra las combinaciones de activos que ofrecen la varianza mínima para cada nivel dado de tasa de rendimiento y, simultáneamente, el rendimiento esperado máximo para cada nivel de riesgo, superando a todo el resto de combinaciones posibles.

Las combinaciones del segmento AB no son consideradas debido a que cualquier combinación del segmento BC ofrece un rendimiento mayor para cada uno de los niveles de riesgo.

Adicionalmente, las opciones que están al interior de la curva se notan claramente inferiores a las que se encuentran en el segmento BD de la curva (Carbajar & Ramírez, 2005).



**Figura 5.** Frontera de portafolios eficientes.  
**Fuente:** Adaptado de Lasa (2005)

Teóricamente la frontera de portafolios eficientes puede encontrarse resolviendo los siguientes problemas de optimización:

### Maximizando el rendimiento

$$\text{Maximizar } E[R_p]$$

$$\text{sujeto a } \sigma_{R_p}^2 = V^*, \sum_{i=1}^n w_i = 1 \text{ y } w_i \geq 0 \text{ para } \forall i, i = 1,2,3 \dots n$$

## Minimizando el riesgo

Minimizar  $\sigma_{R_p}^2$

sujeto a  $E[R_p] = E^*$  ,  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  y  $w_i \geq 0$  para  $\forall i, i = 1,2,3 \dots n$

Donde  $V^*$  y  $E^*$  son el riesgo y el rendimiento objetivo respectivamente.

Es importante recalcar que en función a los supuestos utilizados y dado un conjunto de activos, la frontera eficiente será igual para todos los inversores; sin embargo cada quien escogerá el portafolio que más se adecue a su perfil.

### **2.1.5.2 Modelo de Valoración de Activos Financieros o Capital Asset Pricing Model (CAPM)**

Los trabajos sobre diversificación y la Teoría Moderna de Portafolios presentados por Markowitz sirvieron de inspiración para los estudios de varios economistas de la época, quienes de forma independiente pero simultanea desarrollaron un modelo que fuera capaz de describir la relación entre el riesgo y los rendimientos requeridos por los activos individuales que forman parte de un portafolio (Villarreal, 2008).

El Modelo de Valoración de Activos Financieros también conocido como Capital Asset Pricing Model (CAPM) es un modelo introducido John Litner, Jan Mossin y William Sharpe quienes publicaron sus investigaciones en diferentes revistas entre los años de 1964 y 1966. Sin embargo fue Sharpe quien dio el nombre al modelo por ser su artículo *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Condition of Risk* de 1964 el más difundido, la importancia de su aporte lo hizo acreedor en 1990 al Premio Nobel de Economía (en conjunto con Harry Markowitz y Merton Miller).

Si bien Markowitz hablaba de los beneficios de la diversificación y de la construcción de portafolios con la finalidad de enfrentar efectivamente los riesgos, el CAMP considera además de lo anterior la maximización de los rendimientos de cada uno de los activos que conforman el portafolio, de ahí su relevancia.

Como todos los modelos económicos desarrollados, el modelo basa su funcionamiento en algunos supuestos fundamentales, los cuales se describen mas adelante.

#### *2.1.5.2.1 Supuestos del modelo*

De acuerdo con Sharpe (1964) los principales supuestos de modelo son:

1. El modelo es estático, ya que existe un solo periodo en el que los activos se negocian o intercambian.
2. Los inversionistas son adversos al riesgo y tratan de guardar el equilibrio entre el retorno esperado y el riesgo asociado para conformar sus portafolios (criterio media-varianza).
3. Los inversionistas tienen expectativas homogéneas, es decir, reflejan las mismas convicciones sobre los rendimientos, las volatilidades y covarianzas. En este punto es importante aclarar que este supuesto de ninguna manera propone que todos los inversionistas mantengan la misma tolerancia al riesgo (Villarreal, 2008)
4. La cantidad de activos financieros con riesgo es una variable exógena del modelo y su oferta está dada, es decir, se encuentra fijada. Adicionalmente, estos activos se consideran negociables, perfectamente divisibles y sin pago de dividendos.
5. Existe la posibilidad de invertir en un activo libre de riesgo, de rendimiento  $R_f$  en el que puede ser asignado todo el presupuesto, pedir prestado o prestar. Por lo general, se considera un bono gubernamental con valor nominal fijo al vencimiento (bonos del gobierno de los Estados Unidos de América, Certificado de la Tesorería de la Federación en México, etc.)
6. El mercado es de competencia perfecta, lo que significa que ningún inversionista es capaz de influir en los precios de los activos; aunado a lo anterior se considera que no existen impuestos ni costos de transacción.
7. Tratamos con un mercado eficiente, los precios reflejan toda la información disponible sobre el valor del activo.

Los supuestos anteriores establecen la manera en la que los inversionistas arman sus portafolios, nos permiten situar las transacciones en un solo periodo de tiempo y delimitarlas a ese mismo periodo, a su vez que nos describen el mercado y las condiciones que rodean la decisión (Sansores, 2008).

Estos supuestos se soportan en tres fundamentos teóricos que se explican a continuación: el Teorema de la separación, la Línea del Mercado de Capitales y la Línea del Mercado de Valores.

#### 2.1.5.2.2 Teorema de la separación

En 1958, el también Premio Nobel, James Tobin a través de su artículo *Liquid Preference as Behavior Towards Risk* enunció lo que hoy se conoce como el Teorema de la Separación, en el que introdujo el término “activo libre de riesgo” como respuesta a la necesidad del inversionista de hacer frente a la incertidumbre que guardan sus rendimientos futuros.

Tobin explica que la decisión del inversionista se puede descomponer en dos partes independientes:

- La formación del mejor portafolio integrado únicamente por activos con riesgo.
- La elección de la combinación adecuada entre el portafolio anteriormente conformado y el activo libre de riesgo introducido.

En la primera parte de este proceso interviene únicamente los cálculos objetivos de riesgo y rendimiento esperado de los portafolios, se trata de una cuestión técnica y será igual para todos los inversionistas.

Para la segunda parte el inversionista debe especificar qué proporción de su presupuesto invertirá en el portafolio con riesgo y cual en el activo libre de riesgo, tales proporciones reflejarán su grado de aversión y dependerán de su perfil, percepción y tolerancia (Mascareñas, Gestión de Carteras II:Modelo de Valoración de Activos, 2012).

Para determinar el rendimiento del portafolio compuesto por la combinación de los dos tipos de activos, se tiene lo siguiente:



$$R_p = aR_{P_r} + (1 - a)R_f \quad (2.5)$$

Donde:

$a$  = proporción del presupuesto asignada a la parte de activos con riesgo.

$R_{P_r}$  = rendimiento del portafolio integrado únicamente por activos con riesgo.

$R_f$  = rendimiento del activo libre de riesgo.

El activo libre de riesgo tendrá exactamente el mismo rendimiento bajo cualquier circunstancia, lo que implica que su rendimiento esperado será igual al realizado, por tanto el rendimiento esperado del portafolio se puede establecer como:

$$E[R_p] = aE[R_{P_r}] + (1 - a)R_f \quad (2.6)$$

Se determina la varianza de los rendimientos del nuevo portafolio de una manera similar, considerando que la varianza de los rendimientos del activo libre de riesgo es cero y a su vez, que no existe relación alguna entre los rendimientos de este activo y los de los activos riesgosos, lo que implica que la covarianza entre estos sea también cero, se obtiene lo siguiente:

$$\sigma_{R_p}^2 = a\sigma_{R_{P_r}}^2 + (1 - a)\sigma_f^2 = a\sigma_{R_{P_r}}^2 \quad (2.7)$$

Donde:

$a$  = proporción del presupuesto asignada a la parte de activos con riesgo.

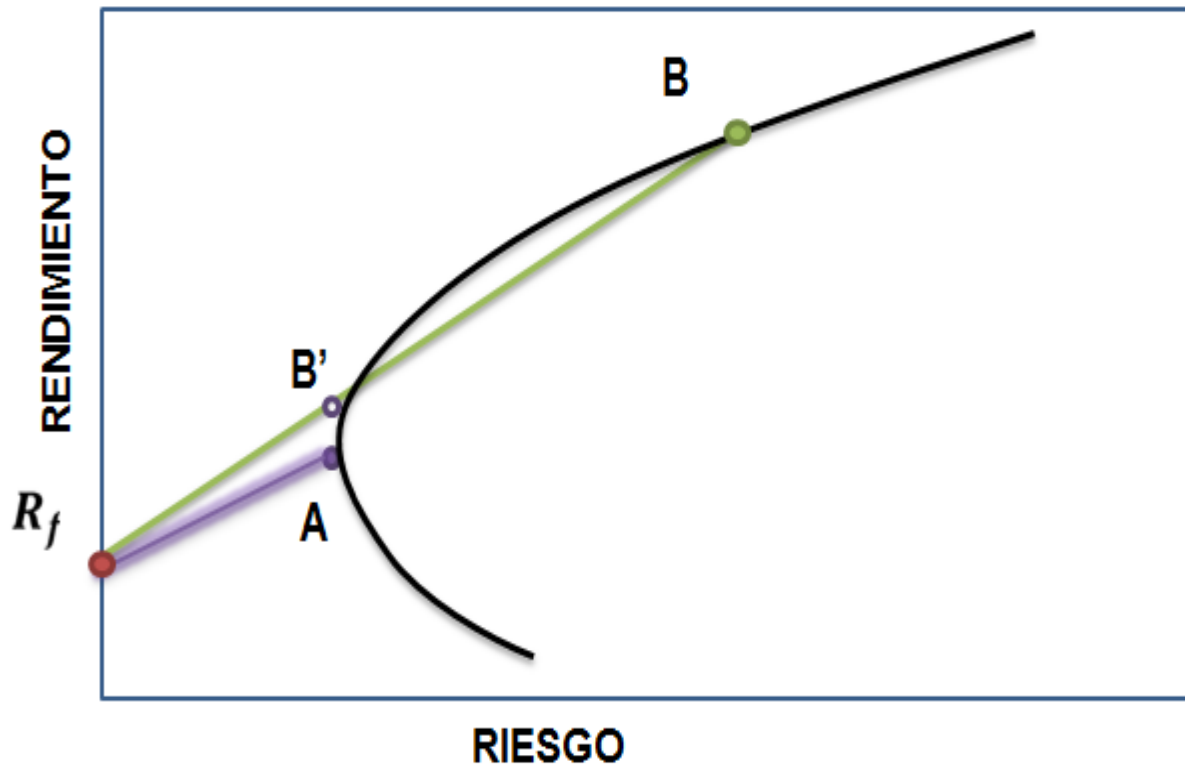
$a\sigma_{R_{P_r}}^2$  = varianza de los rendimientos del portafolio integrado únicamente por activos con riesgo.

$\sigma_f^2$  = rendimiento del activo libre de riesgo, igual a cero.

#### 2.1.5.2.3 Línea de Mercado de Capitales (CML)

Una vez otorgada la posibilidad de invertir en un activo libre de riesgo, se podrá destinar una parte del presupuesto para invertirlo en dicho activo manteniendo el resto de los recursos en el portafolio óptimo elegido.

Supongamos dos portafolios óptimos, A y B, conformadas por activos con riesgo, en la Figura 6 las líneas  $R_fA$  y  $R_fB$  muestra gráficamente las posibilidades que surgen de combinarlas con un activo libre de riesgo.



**Figura 6.** Introducción de activo libre de riesgo.  
**Fuente:** Adaptado de Mascareñas (2012)

Se puede apreciar fácilmente como la combinación formada por el activo libre de riesgo y B está por encima que la que se obtiene al combinar el mismo activo con A, lo que hace que B sea una mejor opción.

Se observa que de la combinación con B surge como posibilidad el portafolio B', esta nueva combinación tiene el mismo riesgo que el portafolio A pero cuenta con un mayor rendimiento esperado, con este hecho podemos decir que si bien ambas portafolios eran semejantes en un principio, al considerar la posibilidad de invertir en activos sin riesgo, B resulta preferible a A (Mascareñas, Gestión de Carteras II:Modelo de Valoración de Activos, 2012).

Además de A y B, dentro de la frontera eficiente existen otros portafolios que, aunque en un principio son semejantes entre ellos, al combinarse con activos sin riesgo resultan unos mejores que otras. De esta manera, existe un portafolio M, formado por títulos con riesgo, que al combinarse con el activo libre de riesgo  $f$  genera la mejor combinación posible.

Sharpe denomina al portafolio M como la “cartera de mercado”, la cual define como aquella que contiene la combinación de todos los títulos con riesgo en la misma proporción en la que se encuentran en el mercado de valores; cualquier índice bursátil (el IPC por ejemplo) actúa como una pseudocartera de mercado al representar a los valores de mayor peso del mercado de valores.

El rendimiento del nuevo portafolio obtenido de la combinación de M con el activo libre de riesgo  $f$  se puede obtener a partir de:

$$E[R_p] = aE[R_M] + (1 - a)R_f \quad (2.8)$$

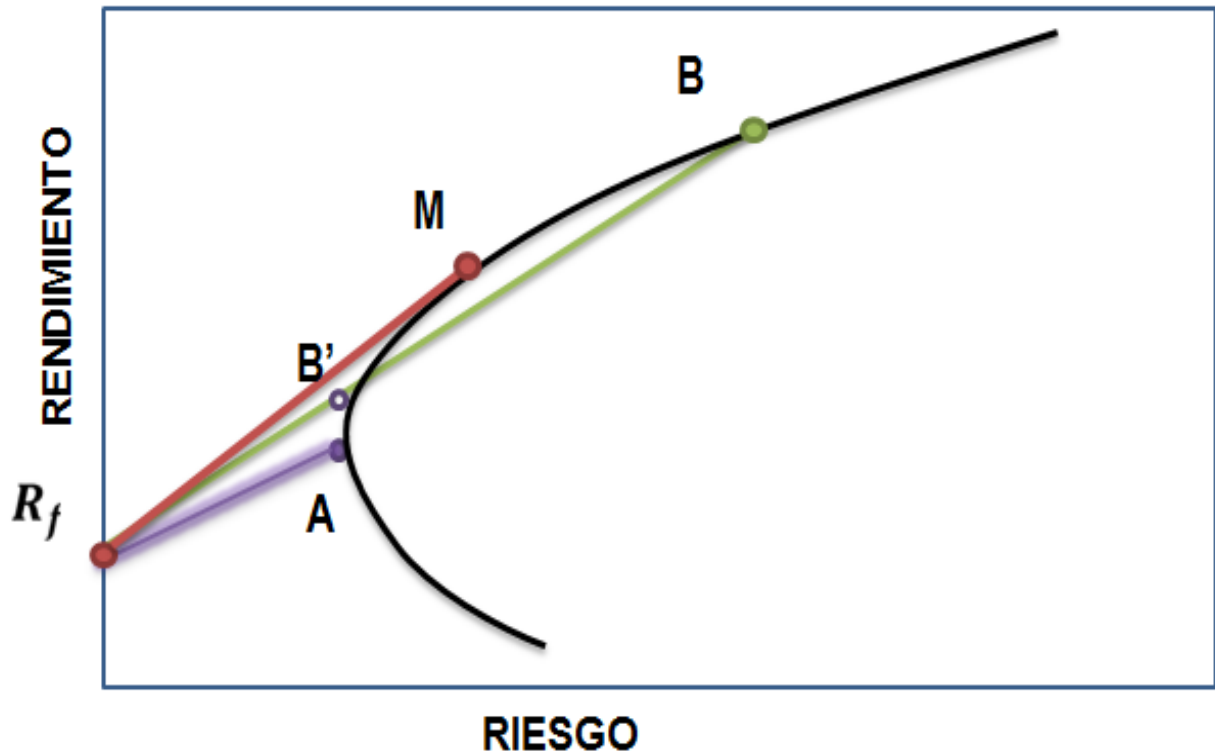
Donde:

$a$  = proporción del presupuesto asignada al portafolio M.

$R_M$  = rendimiento del portafolio M.

$R_f$  = rendimiento del activo libre de riesgo  $f$ .

Gráficamente se logra al trazar una recta cuya intersección con la ordenada sea la tasa de rendimiento de  $R_f$  (riesgo cero) y que sea tangente a la curva de varianza mínima de los activos con riesgo, esto también se ilustra en la Figura 7, ahí el segmento  $R_fM$  de la línea contiene las combinaciones posibles entre el portafolio M - integrado de activos con riesgo - y el activo sin riesgo.



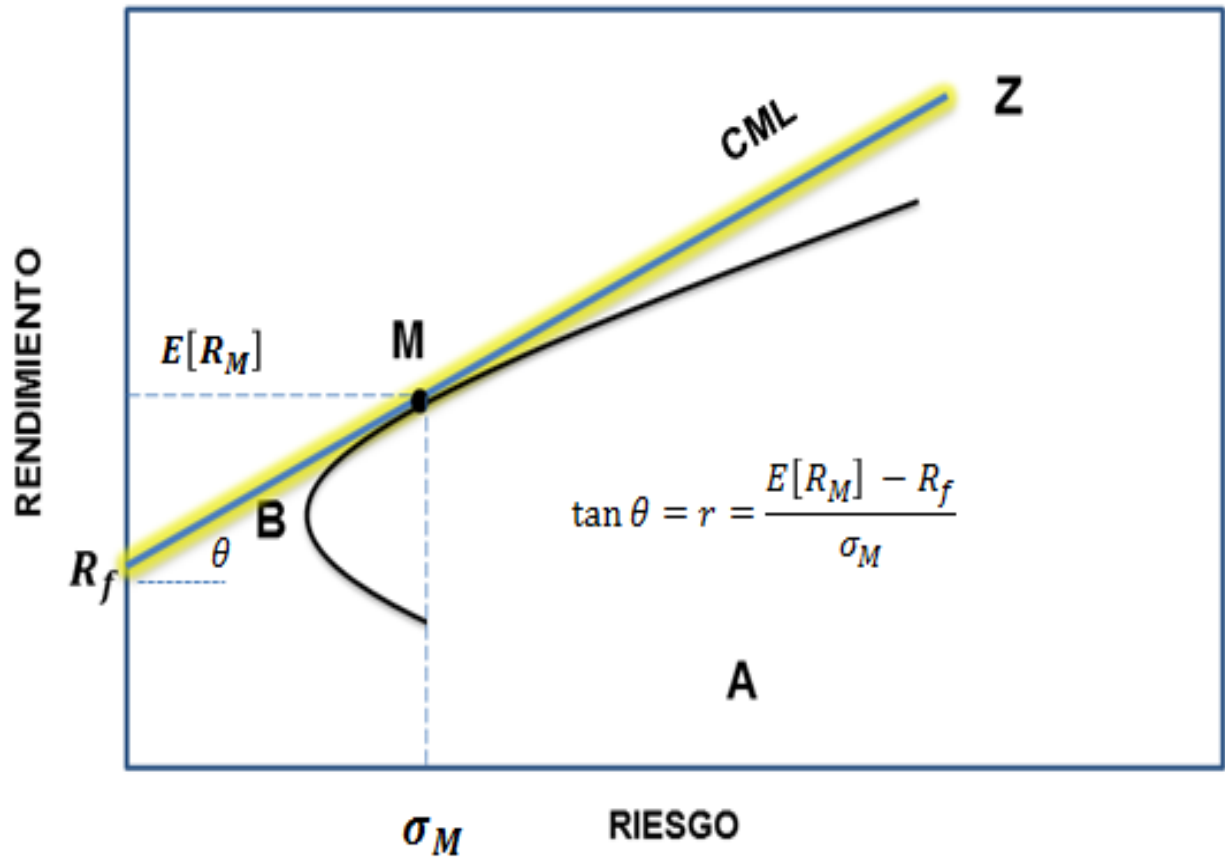
**Figura 7.** Portafolio M, punto de tangencia con la frontera eficiente.  
**Fuente:** Adaptado de Mascareñas (2012)

Bajo estas nuevas condiciones se produce una modificación en el conjunto de portafolios eficientes, ahora cualquier combinación de activos con riesgo es sustituible en términos de riesgo y/o rendimiento por alguna combinación que se encuentre dentro del segmento  $R_fMZ$  (Lasa, 2005), esta recta se conoce formalmente como “Línea de Mercado de Capitales” o CML (siglas en inglés de *Capital Market Line*) y básicamente contiene todas las combinaciones óptimas entre activos libres de riesgo y activos riesgosos, la frontera eficiente enunciada por Markowitz se transformó en una línea recta (Mascareñas, 2012).

La CML se ilustra en la Figura 8 donde la ordenada en el origen es el tipo de interés nominal sin riesgo y la pendiente representa la relación entre la rentabilidad que se espera  $E[R_p]$  y el riesgo asociado a ella  $\sigma_p^2$ .

De acuerdo con esto, es posible obtener su ecuación, denotada como:

$$E[R_p] = R_f + r\sigma_p \quad \text{donde } r \text{ es la pendiente de la recta} \quad (2.9)$$



**Figura 8.** Línea de Mercado de Capitales (CML)  
**Fuente:** Adaptado de Mascareñas (2012)

Según la ecuación de la CML, el rendimiento esperado de  $R_M$  sería:

$$E[R_M] = R_f + r\sigma_M \tag{2.10}$$

$$\text{despejando: } r = \frac{E[R_M] - R_f}{\sigma_M} \tag{2.11}$$

Sustituyendo en (2.9) tenemos:

$$E[R_P] = R_f + \frac{E[R_M] - R_f}{\sigma_M} \sigma_P \tag{2.12}$$

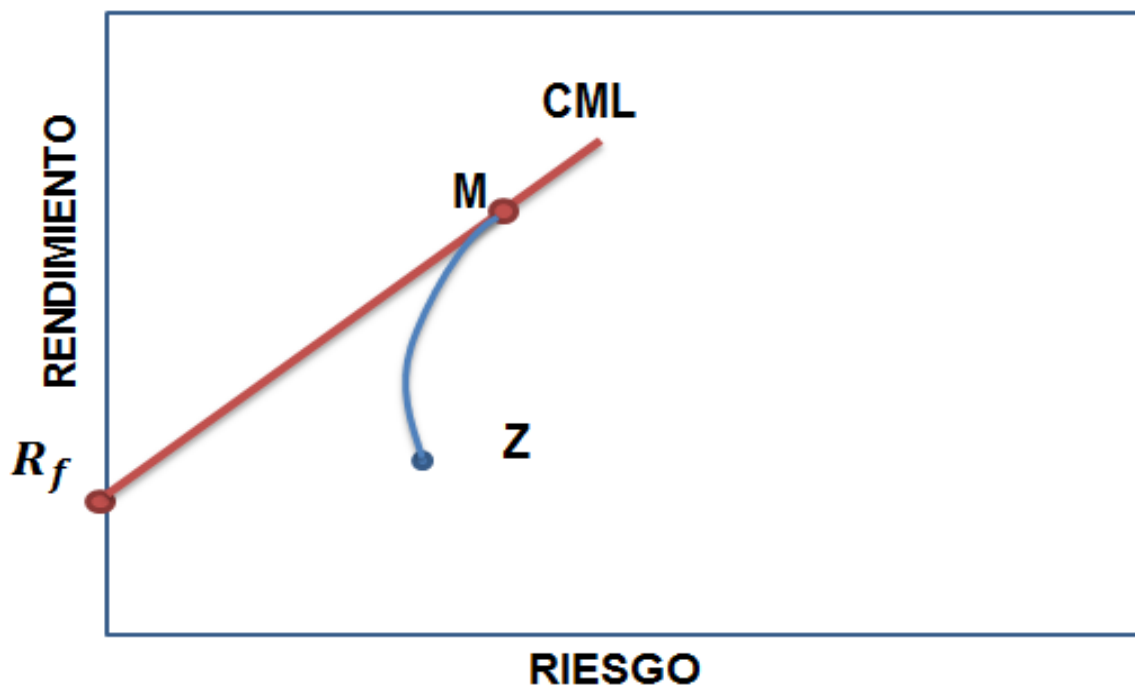
Todos los inversores notarán que el mejor portafolio de activos con riesgo es  $M$  e invertirán parte de su presupuesto en este y el resto en el activo sin riesgo.

Los inversores más conservadores elegirán portafolios que se sitúen más cerca de  $R_f$ , sin embargo aquellos que deseen obtener un rendimiento mayor al proporcionado tendrán que pedir recursos prestados al tipo de interés libre de riesgo  $R_f$  para poder invertir una cantidad mayor a la de sus recursos iniciales en el portafolio M. En la Figura 8 el segmento MZ representa los portafolios en los que el inversionista ha decidido solicitar un préstamo.

#### 2.1.5.2.4 La línea del Mercado de Valores (SML)

Cuando un portafolio es eficiente podemos estimar su riesgo a través de la desviación estándar de su rendimiento, además la relación entre el riesgo y el rendimiento esperado resulta ser lineal; esta relación lineal no se cumple con portafolios que resulten ineficientes ni con títulos aislados (Sansores, 2008).

Para ilustrar lo anterior, supongamos un activo aislado Z cuyo rendimiento se sitúa por debajo de la CML por ser una inversión ineficiente (Figura 9).



**Figura 9.** Situación típica de equilibrio donde Z representa un título aislado  
**Fuente:** Adaptado de Mascareñas (2012)

Si nosotros combináramos nuestra inversión entre el portafolio M y el título Z, el rendimiento esperado y el riesgo de la inversión se calcularía de acuerdo a lo siguiente:

$$E[R_P] = aE[R_Z] + (1 - a)E[R_M] \quad (2. 13)$$

$$\sigma_P^2 = \alpha^2\sigma_Z^2 + (1 - \alpha)^2\sigma_M^2 + 2\alpha(1 - \alpha)\sigma_{ZM} \quad (2. 14)$$

Donde:

$a$  = proporción del presupuesto asignada al activo Z.

$R_Z$  = rendimiento del activo Z.

$R_M$  = rendimiento del portafolio M.

Si calculamos la desviación estándar de  $\sigma_P^2$  y derivamos respecto de  $a$ , podemos encontrar la pendiente de la recta tangente a la curva MZ en M, esto se realiza como sigue:

$$\sigma_P = [\alpha^2\sigma_Z^2 + (1 - \alpha)^2\sigma_M^2 + 2\alpha(1 - \alpha)\sigma_{ZM}]^{1/2} \quad (2. 15)$$

$$\begin{aligned} \delta\sigma_P/\delta\alpha &= (1/2)[2\alpha\sigma_Z^2 - 2(1 - \alpha)\sigma_M^2 + 2(1 - \alpha)\sigma_{ZM} \\ &\quad - 2\alpha\sigma_{ZM}][\alpha^2\sigma_Z^2 + (1 - \alpha)^2\sigma_M^2 + 2\alpha(1 - \alpha)\sigma_{ZM}]^{-1/2} \end{aligned}$$

$$= (1/2) [2\alpha\sigma_Z^2 - 2(1 - \alpha)\sigma_M^2 + 2(1 - \alpha)\sigma_{ZM} - 2\alpha\sigma_{ZM}]/\sigma_P$$

$$= [\alpha\sigma_Z^2 - (1 - \alpha)\sigma_M^2 + (1 - \alpha)\sigma_{ZM} - \alpha\sigma_{ZM}]/\sigma_P$$

$$= [\alpha\sigma_Z^2 - \sigma_M^2 + \alpha\sigma_M^2 + \sigma_{ZM} - \alpha\sigma_{ZM} - \alpha\sigma_{ZM}]/\sigma_P$$

$$= [\alpha(\sigma_Z^2 + \sigma_M^2 - 2\sigma_{ZM}) + \sigma_{ZM} - \sigma_M^2]/\sigma_P$$

(2. 16)

Derivando el rendimiento del portafolio respecto de  $a$  tenemos:

$$\frac{\delta E_p}{\delta \alpha} = E[R_z] - E[R_M] \quad (2.17)$$

Si calculamos la pendiente se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{\delta E_p}{\delta \sigma_p} &= \frac{\delta E_p / \delta \alpha}{\delta \sigma_p / \delta \alpha} = \\ &= \frac{[E[R_z] - E[R_M]] \sigma_p}{\alpha[\sigma_z^2 + \sigma_M^2 - 2\sigma_{zM}] + \sigma_{zM} - \sigma_M^2} \end{aligned} \quad (2.18)$$

En el punto M,  $\alpha = 0$ , en ese punto el riesgo del portafolio P coincide con el del mercado  $\sigma_p = \sigma_M$ , si lo sustituimos por este la expresión anterior se transforma en:

$$\frac{\delta E_p}{\delta \sigma_p} = \frac{[E[R_z] - E[R_M]] \sigma_M}{\sigma_{zM} - \sigma_M^2} \quad (2.19)$$

La combinación ZM en el punto M es tangente a la línea de mercado de capitales cuando se encuentra en una situación de equilibrio, por lo que las pendientes de estas serán idénticas:

$$\frac{[E[R_z] - E[R_M]] \sigma_M}{\sigma_{zM} - \sigma_M^2} = \frac{[E[R_z] - R_f]}{\sigma_M} \quad (2.20)$$

De lo anterior podemos obtener la ecuación de la línea del mercado de títulos (*Securities Market Line* - SML), que es la base del modelo de valoración de activos financieros:

$$E[R_z] - E[R_M] = \frac{[E[R_z] - R_f]}{\sigma_M^2} (\sigma_{zM} - \sigma_M^2)$$



$$E[R_z] = E[R_M] + \frac{E[R_M] - R_f}{\sigma_M^2} \sigma_{zM} - \frac{E[R_M] - R_f}{\sigma_M^2} \sigma_M^2$$

$$E[R_z] = R_f + \frac{E[R_M] - R_f}{\sigma_M^2} \sigma_{zM} \quad (2.21)$$

Para el caso de un activo  $i$ , tenemos que:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2} \quad (2.22)$$

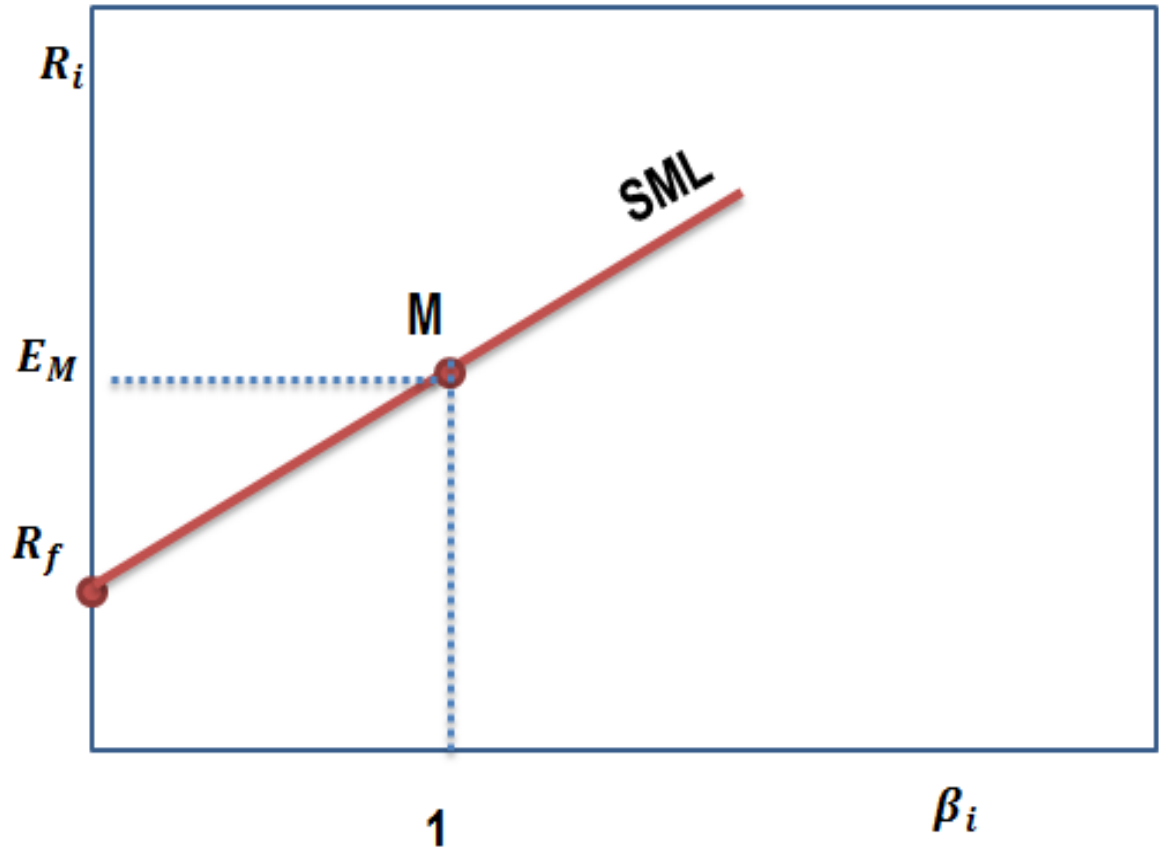
Si sustituimos en la ecuación de la SML podemos obtener:

$$E[R_i] = R_f + \beta_i [E[R_M] - R_f] \quad (2.23)$$

Donde  $\beta_i$  se conoce como coeficiente de volatilidad y describe la volatilidad de la rentabilidad del activo  $i$  en relación a las variaciones de rentabilidad del mercado, es una forma de evaluar el riesgo sistemático del activo.

El caso en el que  $\beta > 1$  indica que el activo evaluado tiene un riesgo superior al de la cartera de mercado, a estos se les conoce como “agresivos”. Por otra parte, a aquellos activos con  $\beta < 1$  se les denomina “defensivos” ya que manejan un riesgo menor al del mercado.

Gráficamente es posible representar la SML como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Línea del Mercado de Valores (SML)

**Fuente:** Adaptado de Mascareñas (2012)

A través de la SML es posible calcular el rendimiento esperado de los portafolios, sean o no eficientes, para ello únicamente es necesario calcular la  $\beta$  del portafolio por medio de las medias de las betas de cada uno de los títulos ponderadas por la porción del presupuesto que le fue asignado:

$$\beta_P = \sum_{i=1}^n w_i \beta_i \quad (2.24)$$

Donde:

$n$  = número de activos que conforman el portafolio.

$\beta_i$  = variable aleatoria del rendimiento individual del activo  $i$ -ésimo.

$w_i$  = proporción del presupuesto destinado al activo  $i$ -ésimo, sujeto a  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

Por tanto, la ecuación para cualquier portafolio es:

$$E[R_P] = R_f + \beta_P [E[R_M] - R_f] \quad (2. 25)$$

Así, es posible obtener el rendimiento esperado de cualquier título financiero individual o portafolio, en función de su riesgo sistemático.

## 2.2 Valor en Riesgo

Utilizar la varianza como medida del riesgo de un portafolio nos permite estimar la posible desviación que tendrán los rendimientos respecto de su valor medio, sin embargo esta medida no nos indica si la dirección de las variaciones es por encima o por debajo del valor medio.

Las variaciones negativas (la posibilidad de perder dinero) son precisamente a lo que le hemos llamado riesgo, en este contexto el VaR surge como un intento de contestar la pregunta ¿cuál es mi peor escenario? (Mascareñas, Juan, 2008).

Jorion (2000) define el VaR como *“la máxima pérdida esperada en un periodo de tiempo y con un nivel de confianza dados, en condiciones normales de mercado”*.

El Valor en Riesgo, conocido como VaR (siglas en ingles de Value at Risk) , es una metodología estadística que proporciona una medida resumida del riesgo de mercado de un portafolio o de una inversión.

Este tipo de riesgo se encuentra asociado a la volatilidad existente en términos de precios, tipos de interés o tipos de cambio y es capaz de ocasionar situaciones sumamente difíciles para las entidades que operan en los mercados financieros, el interés en su gestión surgió a partir de distintos casos de importantes pérdidas financieras que han ocurrido durante los últimos años así como a raíz del incremento en la complejidad con que se forman los portafolios (Feria & Oliver, 2006).

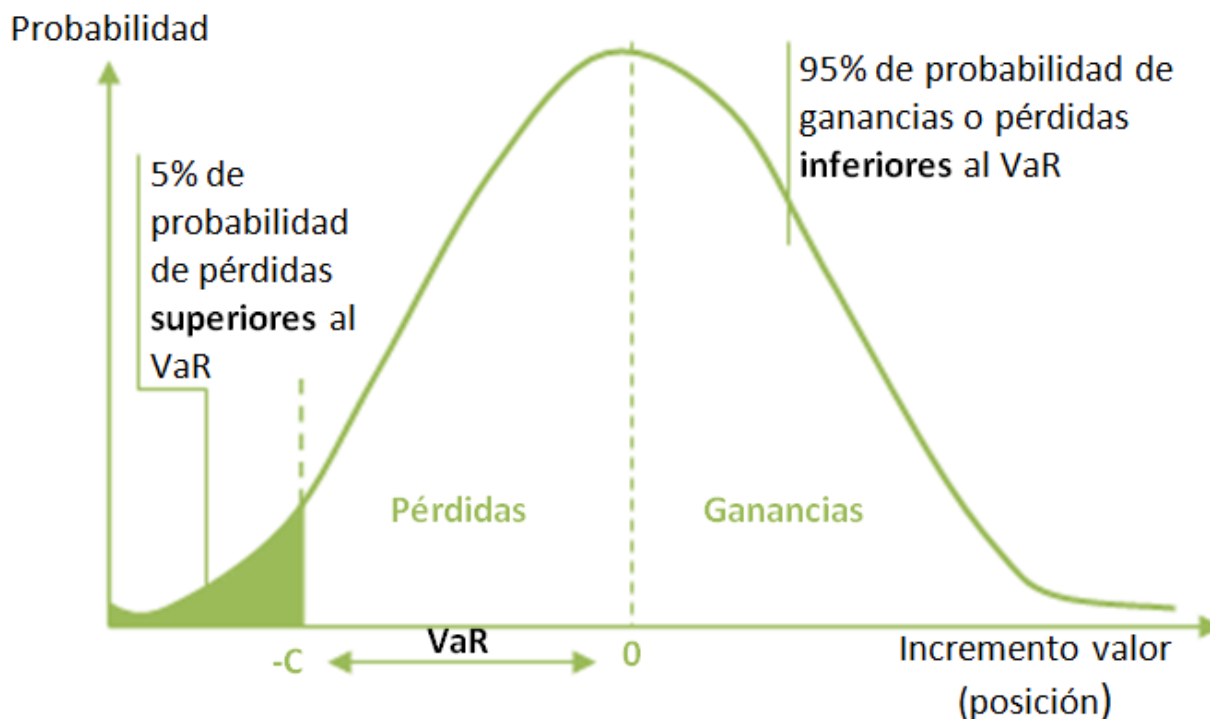
El VaR retoma los conceptos propuestos por Markowitz en 1959 y Sharpe en 1964 para medir la relación entre rentabilidad y riesgo, pero se apoya además en bases de datos estadísticos actualizados.

Basándonos en la definición anterior y ya que se trata de una estimación estadística, para su cálculo es necesario el establecimiento de una serie de parámetros:

- a) Un intervalo o nivel de confianza:

En términos generales, se utilizan intervalos comprendidos entre un 95% y un 99% (Basilea II recomendaba calcular el VaR al 99% con la finalidad de mantener un sistema

financiero sano y seguro), en función de este se realiza una determinada interpretación, por ejemplo: con un intervalo de 95% de confianza se esperará que el Valor en Riesgo sea superado tan solo en 5 de cada 100 posibilidades, es decir el 5% del tiempo, tal como se ilustra en la Figura 11.



**Figura 11.** Concepto de Valor en Riesgo (VaR) para un 95% de confianza estadística.

El VaR nos muestra el nivel de pérdidas que puede ocurrir con cierta frecuencia, en función de la confianza elegida. Se trata de un determinado percentil de la distribución de probabilidad asociada al valor del portafolio en el mercado en el horizonte de tiempo elegido (Novales, 2014).

b) El horizonte temporal.

Hace referencia al periodo de tiempo durante el cual puede ocurrir la pérdida esperada, durante este lapso la composición del portafolio se supone constante. La determinación de este parámetro depende de los objetivos del portafolio y de la liquidez de sus

activos, así como del período de tiempo necesario para la liquidación o cobertura del portafolio.

Para operaciones de mercado de dinero se utiliza por lo general un horizonte de un día debido a la gran cantidad de transacciones a las que se someten los portafolio, sin embargo, para corporaciones o inversores institucionales se utilizan períodos de tiempo más amplios pues poseen activos poco líquidos que tardan más tiempo en cambiar de posición.

c) Una hipótesis sobre la distribución de la variable analizada.

El supuesto más utilizado es el de normalidad, esto hace posible aplicar todas sus propiedades estadísticas.

d) Una unidad de referencia.

Siempre debe venir expresado en una unidad monetaria o bien como porcentaje.

e) Una metodología de estimación.

En función de la metodología y de los parámetros que se elijan se obtendrá una cifra distinta para el VaR.

De esta forma, la importancia del VaR radica en el hecho de que brinda un indicador del riesgo en términos monetarios, lo cual facilita su comprensión y permite tanto a los inversores como a los organismos reguladores fijar límites de exposición que les permitan cubrirse en caso de un escenario extremo (Morera, 2002).

## **2.2.1 Metodologías para la estimación del VaR**

En general podemos distinguir dos familias metodológicas:

- 1) El primero es el de “valoración local” y usualmente se implementa con el método delta-normal.
- 2) El segundo grupo se denomina de “valoración global” y recoge la simulación histórica y el método de Montecarlo estructurado.

Es esta sección se hace una revisión de las metodologías tradicionales de estimación del VaR en la siguiente sección.

### **2.2.1.1 Métodos de Valoración Local**

Estos métodos requieren que el portafolio se valore una sola vez, en los precios observados, y obtiene las derivadas en ese punto para inferir los posibles cambios en el nivel de riesgo (Novales, 2014).

El Método Delta Normal es el más representativo de esta categoría y es descrito a continuación.

#### *2.2.1.1.1 Método Delta-Normal*

Es el método local más simple para calcular el VaR que también es conocido como Método de Varianza-Covarianza, puesto que básicamente parte del cálculo de la varianza del portafolio.

Esta metodología utiliza las primeras derivadas (“deltas”) y supone que el rendimiento de todos los activos que conforman un portafolio se distribuyen de manera normal, por tanto se asume que el rendimiento total sigue la misma distribución debido a que se trata de una combinación lineal de los rendimientos individuales (Jorion, 2000).

Para definir formalmente el método delta-normal tenemos que los cambios en el valor del portafolio son de la siguiente forma:

$$Var[dP] = Var[\Delta P] = \sigma_{\Delta P}^2 \quad (2.26)$$

En consecuencia, la varianza de los cambios en el valor del portafolio expresado en forma matricial equivale a:

$$\sigma_{\Delta P}^2 = \delta^T \Sigma \delta \Delta t \quad (2.27)$$

Por lo tanto, bajo el supuesto de normalidad los cambios en el valor de portafolio se distribuyen en forma normal con media cero y desviación estándar  $\sigma_{\Delta P}$ , es decir  $\Delta P \sim N(0, \sigma_{\Delta P})$ .

Este supuesto de normalidad es válido en la práctica debido a que el rendimiento esperado de un activo financiero para datos de frecuencia alta o datos diarios es aproximadamente igual a cero, mientras que el teorema del límite central afirma que la suma de una muestra grande de variables aleatorias independientes es aproximadamente igual a una distribución normal multivariada (De Jesús, 2008).

$$\sigma_{\Delta P} = \sqrt{\delta^T \Sigma \delta} \sqrt{\Delta t} \quad (2.28)$$

Por lo tanto, el valor en riesgo del portafolio es igual a:

$$VaR = Z_c \sqrt{\delta^T \Sigma \delta} \sqrt{\Delta t} \quad (2.29)$$

Donde

$\Sigma$ : es la matriz de varianza-covarianza del portafolio de los factores de riesgo, cuya dimensión es de  $n \times n$ .

$\delta$ : es el vector de posiciones de los factores de riesgo.

$Z_c$ : representa el valor crítico apropiado de la distribución normal estándar.

El supuesto de normalidad facilita la estimación del percentil de la distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio, ya que los niveles de confianza se pueden traducir en un número específico de desviación estándar que representa el



rango donde el valor del portafolio puede ser positivo o negativo, el cual puede interpretarse como una ganancia o pérdida en el valor del portafolio.

Por ejemplo, las instituciones financieras que utilizan niveles de confianza del 95% y 99% pueden capturar eventos hasta por 1.645 y 2.326 desviaciones estándar respectivamente, asimismo les permite construir intervalos de confianza de la siguiente forma:

$$[\mu_{\Delta P} - 2.326\sigma_{\Delta P}, \mu_{\Delta P} + 2.326\sigma_{\Delta P}] \quad (2.30)$$

Para un nivel de confianza del 99%, existe una probabilidad del 99% de que los cambios diarios en el valor del portafolio no excederán el nivel del valor en riesgo estimado. Mientras que el caso inverso también debe ser considerado por las entidades financieras, esto es, existe una probabilidad del 1% de que los cambios diarios en el valor del portafolio excederán el nivel del VaR.

En otras palabras las pérdidas ocurridas en promedio, 1 de 100 veces (una vez cada cien días con datos diarios). Ahora utilizando un nivel de confianza del 95%, las pérdidas ocurrirán, en promedio 1 de 20 veces (una vez al mes con datos diarios).

Otra forma de representar el valor en riesgo de un portafolio, aplicado el método delta-normal es descomponiendo la matriz de varianza-covarianza de la siguiente forma:

$$VaR = Z_c \sqrt{\delta^T V R V \delta} \sqrt{\Delta t} \quad (2.31)$$

Donde

$V$ : representa la matriz de volatilidad de los cambios de los factores de riesgo.

$R$ : representa la matriz de correlación de los factores de riesgo.

En resumen para cálculo del VaR, el primer paso es identificar las variables de mercado a utilizar, posteriormente se comprueba si los cambios en las variables de mercado tienen una distribución normal, así también se calcula las desviaciones estándar y la correlación de las variables de mercado para cada uno de los instrumentos que componen el portafolio, el cuarto paso a seguir es determinar la desviación estándar del

portafolio en las unidades de la misma y por último se obtiene el VaR multiplicando la desviación estándar de la cartera por el factor correspondiente al nivel de confianza previamente seleccionado (Morera, 2002).

### **2.2.1.2 Métodos de Valoración Global**

La elección de un método adecuado para el cálculo del VaR dependerá de la naturaleza del portafolio, en ciertas ocasiones una valoración local no es apropiada. Los métodos de Valoración Global, también conocidos como métodos de Valoración Completa, no tratan de definir la relación entre el portafolio y los factores de riesgo, simplemente valúan el portafolio en todo ámbito de escenarios posibles.

En este trabajo abordaremos el Método de Montecarlo es cual es descrito a continuación.

#### **2.2.1.2.1 Método de Montecarlo**

Se trata de una metodología más sofisticada que la descrita en la sección de valoración local, el método básicamente trata de estimar, para un horizonte de tiempo específico, el comportamiento futuro de los rendimientos de un activo (o activos) a través de la generación aleatoria de un gran número de simulaciones, de ahí que su nombre haga referencia al famoso Casino de Montecarlo (Principado de Mónaco) por ser un generador simple de números aleatorios al igual que un juego de ruleta.

Una vez generados los escenarios se obtienen las pérdidas o ganancias asociados a cada uno de ellos así como la diferencia entre el valor actual y el correspondiente al escenario evaluado, de esta manera se obtiene la distribución de probabilidad de pérdidas y ganancias, así el VaR será el cuantil relacionado al nivel de confianza previamente seleccionado (BANXICO, 2005).

La flexibilidad del método es una de las principales razones por las cuales se suele recurrir a él, permite modelar los factores de riesgo que pueden afectar el activo o portafolio, es posible realizar simulaciones a plazos amplios e incluir las interrelaciones entre los activos del portafolio (Jorion, 2000).

Este método otorga gran importancia a los posibles shocks de mercado e implementa modelos matemáticos para tratar de predecirlos, se busca incluir escenarios que puedan llegar a ocurrir aunque no hayan sido observados antes (Mascareñas, Juan, 2008).

Otra de sus ventajas es que permite una mejor valoración para aquellos instrumentos que poseen características no lineales, sin embargo debido al gran número de simulaciones requeridas (10,000 o más) es mucho más caro en términos computacionales.

El procedimiento de la simulación Montecarlo se podría describir en las siguientes etapas:

- *1ª ETAPA:* se especifican procesos estocásticos para las variables y se estiman sus parámetros con datos históricos o implícitos.
- *2ª ETAPA:* se simula una secuencia de valores para las variables y para el horizonte deseado, a partir de los cuales se puedan calcular los precios.
- *3ª ETAPA:* se calcula el valor del portafolio para esta secuencia particular de precios en el periodo dado.
- *4ª ETAPA:* se repiten la 2ª y 3ª etapa tantas veces como sea necesario, usualmente de 5,000 a 10,000. En el nivel  $c$  de significancia seleccionado, el VaR es el valor de portafolio excedido en  $c$  veces del total de repeticiones.

El resultado obtenido depende principalmente del modelo considerado para la descripción del comportamiento de los precios, la elección dependerá del tipo de instrumentos que se estén modelando y en algunos casos de la precisión con la que se requieran los resultados.

El número de iteraciones realizadas debe guardar una buena relación entre exactitud y velocidad, a medida que se incrementa el número de iteraciones la estimación va a convergir al valor real, sin embargo un mayor número de iteraciones requiere de un

mayor tiempo y en algunos casos la velocidad puede resultar más importante que la precisión.

a) *El caso de un solo activo:*

Para ilustrar la metodología nos concentraremos primero en el caso simple de una sola variable.

Como se explica en Jorion (2000), uno de los modelos más comúnmente utilizados es el proceso estocástico denominado *Movimiento geométrico browniano*, el cual asume que los movimientos en el precio del activo no están correlacionados en el tiempo y que los movimientos pequeños en los precios pueden ser descritos por :

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz \quad (2.32)$$

Donde  $dz$  es una variable aleatoria distribuida normalmente con media cero y varianza  $dt$ , se trata de la variable que conduce los choques aleatorios al precio y no depende de información pasada, es browniana en el sentido de que su varianza decrece continuamente con el intervalo de tiempo  $Var(dz) = dt$ , descartando así los procesos con saltos repentinos, y geométrica debido a que todos los parámetros son escalados por el precio actual  $S_t$ .

Los parámetros  $\sigma_t$  y  $\mu_t$  representan la tendencia instantánea y la volatilidad en el momento  $t$ , estos parámetros pueden evolucionar en el tiempo pero por simplicidad los asumiremos constantes en el tiempo de aquí en adelante (Jorion, 2000).

En la práctica el proceso con un incremento infinitesimal  $dt$  es aproximado por movimientos discretos  $\Delta t$ . Si definimos  $t$  como el momento presente y  $T$  como el momento objetivo, entonces el horizonte de tiempo puede ser expresado como  $T = T - t$ , para poder generar la serie de variables aleatoria será necesario segmentar  $T$  en  $n$  incrementos donde  $\Delta t = T/n$ .

De esta manera, al integrar  $dS/S$  sobre un intervalo finito resulta aproximadamente:

$$\Delta S_t = S_{t-1}(\mu\Delta t + \sigma\epsilon\sqrt{\Delta t}) \quad (2.33)$$

En la expresión anterior  $\epsilon$  es una variable aleatoria normal estándar.

Podemos verificar que:

$$E(\Delta S/S) = \mu\Delta t \quad (2.34)$$

$$V(\Delta S/S) = \sigma^2\Delta t \quad (2.35)$$

Ambas, tanto la media como la varianza crecen con el tiempo.

Ahora, para simular la trayectoria de precios para  $S$ , iniciamos el proceso con  $S_t$  y con ayuda de un generador de números aleatorios producimos una secuencia de  $\epsilon$  para  $i = 1, 2, \dots, n$ , de tal forma que:

$$\begin{aligned} S_{t+1} &= S_t + S_t(\mu\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}), \\ S_{t+2} &= S_{t+1} + S_{t+1}(\mu\Delta t + \sigma\epsilon_2\sqrt{\Delta t}), \\ &\dots \\ S_{t+n} &= S_T. \end{aligned} \quad (2.36)$$

*b) Portafolios con más de un activo*

En la vida real aún los portafolios más simples se forman de la combinación de dos o más activos financieros, la metodología descrita en la sección anterior puede extenderse.

Para el caso de un portafolio compuesto por N activos se debe simular una secuencia para cada uno de ellos. Si no existe correlación entre las variables, el procedimiento puede ser totalmente directo realizándolo de forma independiente para cada variable:

$$\Delta S_{j,t} = S_{j,t-1}(\mu_j \Delta t + \sigma_j \epsilon_{j,t} \sqrt{\Delta t}) \quad (2.37)$$

Donde los valores de  $\epsilon$  son independientes en el tiempo y a lo largo de las series  $j=1, \dots, N$ .

Por otra parte, en el caso en el que exista correlación entre ellos es importante que se considere la covarianza dentro del proceso de simulación de los rendimientos, en esta situación se usa un mecanismo de identificación de la estructura de la matriz de varianzas y covarianzas por medio de una descomposición de esta, generalmente se utiliza la descomposición de Choleski.

Supongamos un vector de N valores de  $\epsilon$  para los que deseamos desplegar alguna estructura de correlación de la forma  $V(\epsilon) = E(\epsilon\epsilon') = R$ , ya que la matriz de correlaciones R es una matriz simétrica real podemos descomponerla en sus factores Cholesky:

$$R = TT' \quad (2.38)$$

Donde T es una matriz triangular menor con ceros en las esquinas superiores derechas.

Para que la transformación funcione, la matriz R debe ser positiva definida lo cual se verifica con dos condiciones:

1. El número de observaciones históricas debe ser mayor a el número de activos N, por ejemplo, para el caso de un portafolio de 100 activos debe haber al menos 100 observaciones históricas para asegurar que la varianza sea positiva independientemente del que sea seleccionado.

2. Las series no pueden estar linealmente correlacionadas, esta parte descarta el caso en el que un activo es combinación lineal de otros activos.

Partimos de un N vector  $\eta$ , compuesto por variables independientes con varianzas unitarias, es decir  $V(\eta) = I$ , donde  $I$  es la matriz identidad.

Después se construye la variable  $\epsilon = T\eta$  donde:

$$\begin{aligned}
 V(\epsilon) &= E(\epsilon\epsilon') = \\
 &E(T\eta\eta'T') = \\
 &TE(\eta\eta')T' = \\
 &TIT' = TT' = R
 \end{aligned}
 \tag{2.39}$$

Con lo que se confirma que los valores de  $\epsilon$  tienen la correlación deseada.

Considerando el caso de 2 variables y siguiendo los pasos anteriores:

$$\begin{aligned}
 &\begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} = \\
 &\begin{bmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} = \\
 &\begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{11}a_{12} \\ a_{11}a_{12} & a_{12}^2 + a_{22}^2 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{2.40}$$

De donde se puede establecer que:

$$\begin{aligned}
a_{11}^2 &= 1 \\
a_{11}a_{12} &= \rho \\
a_{12}^2 + a_{22}^2 &= 1
\end{aligned}
\tag{2.41}$$

Y por tanto:

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & (1 - \rho^2)^{1/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ 0 & (1 - \rho^2)^{1/2} \end{bmatrix}
\tag{2.42}$$

De donde podemos obtener:

$$\begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & (1 - \rho^2)^{1/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix}
\tag{2.43}$$

De donde se deduce que:

$$\begin{aligned}
\epsilon_1 &= \eta_1 \\
\epsilon_2 &= \rho\eta_1 + (1 - \rho^2)^{1/2}\eta_2
\end{aligned}
\tag{2.44}$$

Donde  $\epsilon_2$  tiene varianza unitaria y la correlación entre  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$  es  $\rho$ , es decir,

$$\begin{aligned}
V(\epsilon_2) &= \\
\rho^2 V(\eta_1) + [(1 - \rho^2)^{1/2}]^2 V(\eta_2) &= \\
\rho^2 + (1 - \rho^2) &= 1
\end{aligned}
\tag{2.45}$$



$$\begin{aligned}
cov(\epsilon_1, \epsilon_2) &= \\
cov[\eta_1, \rho\eta_1 + (1 - \rho^2)^{1/2}\eta_2] &= \\
\rho cov(\eta_1, \eta_1) &= \rho
\end{aligned}
\tag{2. 46}$$

Con lo anterior es posible generar variables aleatorias normales, estandarizadas e independientes con el factor de correlación  $\rho$ .

Para cada experimento  $k$  calculamos el valor de todos los activos  $F_{i,T}^k$  en el portafolio, de esta manera el valor del portafolio en el tiempo objetivo será:

$$P_T^k = \sum_{i=1}^N w_{i,t} F_{i,T}^k
\tag{2. 47}$$

Utilizando las ponderaciones de portafolio  $w_{i,t}$  y repitiendo la simulación  $K=10,000$  por ejemplo. Así, el VaR del portafolio puede obtenerse a partir de la distribución de los rendimientos del portafolio en el horizonte de tiempo, calculando el percentil correspondiente de la serie de pérdidas y ganancias obtenida.

## **CAPÍTULO 3: Análisis del Valor en riesgo, Método Delta-Normal vs Montecarlo**

Una vez que ya han sido expuestos los fundamentos teóricos de los métodos de cálculo del Valor en Riesgo procederemos al cálculo del mismo, mediante un ejemplo basado en un portafolio hipotético, esto con la finalidad de realizar la comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de ambas metodologías.

La construcción del portafolio y el desarrollo del ejercicio de describen paso a paso a lo largo de este capítulo.

### **3.1 Construcción del Portafolio**

El proceso de construcción del portafolio con el que trabajamos fue realizado en dos etapas, por una parte se trató la elección de los activos que lo conformarían y el periodo de información (precios) que se tomarían en cuenta, y por otra parte se realizó la diversificación del portafolio en base a las metodologías anteriormente expuestas.

#### **3.1.1 Elección de los activos.**

Para esta parte fueron consideradas aquellas empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores y que además forman parte de la muestra actual del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), esto nos permitió trabajar con activos altamente bursátiles y tener una serie de datos confiables que representan a los valores de mayor peso en el mercado.

Posteriormente se reunieron los precios diarios al cierre a partir del 02/01/2012 y hasta el 30/06/2015 y se estudió la información disponible; derivado de lo anterior se descartó a 5 de las 35 emisoras que forman el IPC debido a que no se encontraban vigentes para todo el periodo de estudio y carecían de una cantidad importante de datos.

La muestra definitiva se compuso de los activos de 30 emisoras, con 912 datos por activo, como se ilustra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Acciones utilizadas para la construcción del portafolio optimizado.

	<b>CLAVE DE LA EMISORA</b>	<b>NOMBRE</b>
1	AC.MX	ARCA CONTINENTAL
2	ALFAA.MX	Alfa S.A.B de C.V
3	ALSEA.MX	Alsea, S.A.B. De C.V.
4	AMXL.MX	America Movil S.A.B. de C.V.
5	ASURB.MX	Grupo Aeroportuario del Sureste, SAB de CV
6	BIMBOA.MX	Grupo Bimbo, S.A.B. de C.V.
7	BOLSAA.MX	Bolsa Mexicana de Valores SAB de CV
8	CEMEXCPO.MX	CEMEX, S.A.B. de C.V.
9	COMERCIUBC.MX	Controladora Comercial Mexicana SAB DE CV
10	ELEKTRA.MX	Grupo Elektra, S.A.B. de C.V.
11	GAPB.MX	Grupo Aeroportuario del Pacifico S.A.B. de CV
12	GCARSOA1.MX	Grupo Carso, S.A.B. de C.V.
13	GENTERA.MX	GENTERA
14	GFINBURO.MX	Grupo Financiero Inbursa, S.A.B. de C.V.
15	GFNORTEO.MX	Grupo Financiero Banorte, S.A.B. de C.V.
16	GFREGIOO.MX	BANREGIO GRUPO-O
17	GMEXICOB.MX	Grupo México S.A.B. de C.V.
18	GRUMAB.MX	Gruma S.A.B. de CV
19	ICA.MX	Empresas ICA, S.A.B. de C.V.
20	ICHB.MX	Industrias CH, SAB de CV
21	KIMBERA.MX	Kimberly - Clark de Mexico S.A.B. de C.V.
22	KOFL.MX	Coca-Cola FEMSA S.A.B de C.V.
23	LABB.MX	Genomma Lab Internacional SAB de CV
24	LIVEPOLC-1.MX	El Puerto de Liverpool, SAB de CV
25	MEXCHEM.MX	Mexichem, S.A.B. de C.V.
26	OHLMEX.MX	OHL MEXICO
27	PINFRA.MX	Promotora y Operadora de Infraestructura SAB de CV

28	SANMEXB.MX	Grupo Financiero Santander Mexico, S.A.B. de C.V.
29	TLEVISACPO.MX	Grupo Televisa, S.A.B.
30	WALMEX.MX	WAL-MART

**Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de las series de precios encontramos algunos datos faltantes, los cuales fueron estimados a través del promedio de precios de los últimos 5 días ya que observamos que se trataba de series estables sin variaciones importantes entre un dato y otro.

### 3.1.2 Optimización del portafolio

Una vez que contamos con la información completa, calculamos los rendimientos diarios de cada activo para poder obtener el rendimiento promedio y la desviación estándar de cada uno.

Los datos históricos, así como los rendimientos diarios se encuentran en los Anexos A y B incluidos en este trabajo. Como resumen, la Tabla 6 muestra los rendimientos promedio y desviación estándar por activo.

**Tabla 6.** Rendimientos promedio y desviación estándar por activo.

i	CLAVE DE LA EMISORA	RENDIMIENTO PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RENDIMIENTOS
1	AC.MX	0.0000050809	0.011653
2	ALFAA.MX	-0.0000006834	0.035463
3	ALSEA.MX	0.0000146899	0.016885
4	AMXL.MX	0.0000014659	0.014051
5	ASURB.MX	0.0000125749	0.014768
6	BIMBOA.MX	0.0000051778	0.016016
7	BOLSAA.MX	0.0000034517	0.017027
8	CEMEXCPO.MX	0.0000089027	0.018913

9	COMERCIUBC.MX	0.0000096815	0.016964
10	ELEKTRA.MX	-0.0000124428	0.022857
11	GAPB.MX	0.0000100483	0.01482
12	GCARSOA1.MX	0.0000089287	0.01805
13	GENTERA.MX	0.0000069845	0.018941
14	GFINBURO.MX	0.0000053220	0.018084
15	GFNORTEO.MX	0.0000090364	0.016802
16	GFREGIOO.MX	0.0000163997	0.029336
17	GMEXICOB.MX	0.0000040282	0.015779
18	GRUMAB.MX	0.0000238561	0.01783
19	ICA.MX	-0.0000017780	0.02188
20	ICHB.MX	0.0000043999	0.018835
21	KIMBERA.MX	-0.0000029182	0.027446
22	KOFL.MX	0.0000004110	0.014342
23	LABB.MX	-0.0000032723	0.023465
24	LIVEPOLC-1.MX	0.0000074137	0.013983
25	MEXCHEM.MX	0.0000014989	0.016128
26	OHLMEX.MX	0.0000014209	0.020757
27	PINFRA.MX	0.0000126923	0.013374
28	SANMEXB.MX	0.0000133167	0.042545
29	TLEVISACPO.MX	0.0000088867	0.013424
30	WALMEX.MX	0.0000013699	0.016551

**Fuente:** Elaboración propia en base a los precios obtenidos de YAHOO FINANZAS

El siguiente paso fue llevar a cabo la optimización del portafolio, esto lo hicimos en base a la metodología propuesta por Markowitz explicada en el capítulo 2.

Lo que pretendemos es elegir la proporción de cada activo dentro del portafolio teniendo como consideración la minimización del riesgo a través de:

$$\text{Minimizar } \sigma_{R_P}^2$$

$$\text{sujeto a } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{y } w_i \geq 0 \quad \text{para } \forall i, i = 1,2,3 \dots n$$

Recordando (2.4) la forma de obtener el riesgo de portafolio es:

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

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

Por tanto requerimos conocer los coeficientes de correlación para poder obtener la covarianza.

Debido a la cantidad de cálculos necesarios para obtener los coeficientes de correlación para los 30 activos considerados nos apoyamos en el programa SPSS Statistics, en el Anexo C se comparte la tabla de correlaciones obtenida.

Contando con los datos necesarios, procedimos a calcular las covarianzas y calcular el riesgo del portafolio, con ayuda del Solver de Excel se realizó la minimización del riesgo y se obtuvieron las proporciones óptimas para cada activo.

El riesgo total de nuestro portafolio diversificado fue igual a 0.004959%, este punto es el de varianza mínima en la frontera de portafolios eficientes.

La matriz de covarianzas así como riesgo del portafolio se detalla en el Anexo D.

Al momento de la optimización hubo algunos activos a los que no se les asignó participación alguna en el portafolio, es decir,  $w_i = 0$ , por lo que el portafolio final está formado por únicamente 20 activos cuya proporción y rendimientos esperados ponderados se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Tabla de Rendimientos Ponderados

<b>I</b>	<b>CLAVE DE LA EMISORA</b>	<b>Wi</b>	<b>RENDIMIENTO PONDERADO</b>
1	AC.MX	17.0990%	0.000000868780
2	AMXL.MX	10.5222%	0.000000154244
3	ASURB.MX	5.6338%	0.000000708449
4	BOLSAA.MX	2.0655%	0.000000071296
5	COMERCIUBC.MX	2.7133%	0.000000262693
6	ELEKTRA.MX	1.4825%	-0.000000184469
7	GAPB.MX	7.7021%	0.000000773925
8	GENTERA.MX	0.5998%	0.000000041893
9	GFNORTEO.MX	1.4966%	0.000000135243
10	GFREGIOO.MX	1.2636%	0.000000207221
11	GRUMAB.MX	7.3143%	0.000001744911
12	KIMBERA.MX	0.1352%	-0.000000003945
13	KOFL.MX	7.5595%	0.000000031066
14	LABB.MX	0.8671%	-0.000000028373
15	LIVEPOLC-1.MX	5.3438%	0.000000396171
16	OHLMEX.MX	0.0754%	0.000000001072
17	PINFRA.MX	11.9860%	0.000001521298
18	SANMEXB.MX	0.2837%	0.000000037777
19	TLEVISACPO.MX	9.3845%	0.000000833972
20	WALMEX.MX	6.4721%	0.000000088662
	<b>SUMATORIA</b>	<b>100%</b>	<b>0.000007661886</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para poder realizar el ejercicio en términos monetarios propusimos un portafolio cuya inversión inicial es de \$100,000,000.00 , conociendo este monto y las proporciones de

cada uno de los activos es fácil calcular el monto de capital asignado a cada uno y con ello la cantidad de acciones de cada activo que contiene nuestro portafolio, esto se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Distribución de acciones en el portafolio.

CLAVE DE LA EMISORA	Wi	CAPITAL ASIGNADO	CANTIDAD DE ACCIONES	ÚLTIMO PRECIO EL ACTIVO
AC	17.0990%	\$17,098,958.02	191,479	\$89.30
AMXL	10.5222%	\$10,522,220.74	221,707	\$47.46
ASURB	5.6338%	\$5,633,823.21	336,148	\$16.76
BOLSAA	2.0655%	\$2,065,541.00	9,253	\$223.21
COMERCIUBC	2.7133%	\$2,713,345.87	99,829	\$27.18
ELEKTRA	1.4825%	\$1,482,532.42	30,005	\$49.41
GAPB	7.7021%	\$7,702,057.17	21,971	\$350.56
GENTERA	0.5998%	\$599,802.67	5,568	\$107.72
GFNORTEO	1.4966%	\$1,496,645.02	53,759	\$27.84
GFREGIOO	1.2636%	\$1,263,564.97	14,652	\$86.24
GRUMAB	7.3143%	\$7,314,306.93	80,377	\$91.00
KIMBERA	0.1352%	\$135,188.64	670	\$201.97
KOFL	7.5595%	\$7,559,526.59	222,863	\$33.92
LABB	0.8671%	\$867,070.16	6,948	\$124.78
LIVERPOLC	5.3438%	\$5,343,765.57	341,454	\$15.65
OHLMEX	0.0754%	\$75,414.26	415	\$181.54
PINFRA	11.9860%	\$11,985,963.61	583,542	\$20.54
SANMEXB	0.2837%	\$283,679.51	1,685	\$168.38
TLEVISACPO	9.3845%	\$9,384,486.63	323,157	\$29.04
WALMEX	6.4721%	6472106.988	53,002	\$122.11

Fuente: Elaboración propia



Una vez que ya contamos con el portafolio optimizado es posible aplicar sobre el mismo las dos metodologías desarrolladas en este trabajo, los pasos y resultados obtenidos se describen en las siguientes secciones.

El horizonte de tiempo elegido fue 1 día debido al tipo de instrumento que decidimos trabajar y al gran volumen de transacciones que suele tener estos activos. Los niveles de confianza que tomamos como referencia son 95% y 99% por ser los más comúnmente utilizados.

### 3.2 Cálculo de VaR: Metodología Delta Normal.

Como se revisó en la sección anterior, este método supone que el rendimiento del portafolio se distribuye de acuerdo a una normal y utiliza la técnica conocida como “valuación delta”, que consiste en evaluar el portafolio una sola vez en el precio actual.

La metodología es bastante sencilla y comienza con el cálculo de la matriz de varianzas y covarianzas, recordando la formulación de VaR para este método y las fórmulas (2.27), (2.28) y (2.29):

$$\sigma_{\Delta P}^2 = \delta^T \Sigma \delta \Delta t$$

$$\sigma_{\Delta P} = \sqrt{\delta^T \Sigma \delta} \sqrt{\Delta t}$$

$$VaR = Z_c \sqrt{\delta^T \Sigma \delta} \sqrt{\Delta t}$$

Donde

$\Sigma$ : es la matriz de varianza-covarianza del portafolio de los factores de riesgo, cuya dimensión para nuestro caso es de 20x20.

$\delta$ : es el vector de posiciones de los factores de riesgo, es decir el vector de ponderaciones  $w$  que previamente construimos.

$Z_c$ : representa el valor crítico apropiado de la distribución normal estándar.

La matriz de varianza-covarianza de 20x20 se muestran en la Tabla 9 y el cálculo del factor  $\sigma_{\Delta P}^2 = \delta^T \Sigma \delta \Delta t$  con horizonte de tiempo de un día, es decir  $\Delta t = 1$ , se desarrollan en el Anexo E, donde obtuvimos como resultado  $\sigma_{\Delta P}^2 = 0.004959\%$  equivalente al riesgo obtenido a través de en la sección 3.1.2, esto debido a que se trata de los mismos supuestos de normalidad.

**Tabla 9.** Matriz de Varianza-Covarianza de os 20 activos que conforman el portafolio

	AC	AMXL	ASURB	BOLSAA	COMERCIUBC	ELEKTRA	GAPB	ENTERA	GFNORTEO	GFREGIOO
AC	0.000136	0.000028	0.000031	0.000044	0.000033	0.000040	0.000028	0.000038	0.000045	0.000039
AMXL	0.000028	0.000197	0.000030	0.000035	0.000032	0.000039	0.000033	0.000050	0.000036	0.000011
ASURB	0.000031	0.000030	0.000218	0.000048	0.000053	0.000054	0.000085	0.000060	0.000051	0.000062
BOLSAA	0.000044	0.000035	0.000048	0.000290	0.000056	0.000064	0.000027	0.000074	0.000066	0.000077
COMERCIUBC	0.000033	0.000032	0.000053	0.000056	0.000288	0.000059	0.000026	0.000070	0.000063	0.000067
ELEKTRA	0.000040	0.000039	0.000054	0.000064	0.000059	0.000522	0.000046	0.000065	0.000039	0.000023
GAPB	0.000028	0.000033	0.000085	0.000027	0.000026	0.000046	0.000220	0.000055	0.000049	0.000032
ENTERA	0.000038	0.000050	0.000060	0.000074	0.000070	0.000065	0.000055	0.000359	0.000054	0.000045
GFNORTEO	0.000045	0.000036	0.000051	0.000066	0.000063	0.000039	0.000049	0.000054	0.000282	0.000044
GFREGIOO	0.000039	0.000011	0.000062	0.000077	0.000067	0.000023	0.000032	0.000045	0.000044	0.000861
GRUMAB	0.000019	0.000025	0.000022	0.000056	0.000051	0.000046	0.000018	0.000048	0.000048	0.000033
KIMBERA	0.000050	0.000039	0.000063	0.000075	0.000061	0.000037	0.000052	0.000064	0.000076	0.000044
KOFL	0.000050	0.000027	0.000040	0.000032	0.000037	0.000014	0.000036	0.000048	0.000048	0.000044
LABB	0.000042	0.000047	0.000056	0.000062	0.000068	0.000054	0.000038	0.000079	0.000074	0.000059
LIVERPOLC	0.000046	0.000038	0.000040	0.000048	0.000052	0.000051	0.000043	0.000048	0.000063	0.000050
OHLMEX	0.000041	0.000044	0.000049	0.000093	0.000058	0.000089	0.000058	0.000059	0.000064	0.000061
PINFRA	0.000031	0.000034	0.000032	0.000043	0.000059	0.000045	0.000023	0.000038	0.000036	0.000034
SANMEXB	0.000051	0.000053	0.000043	0.000069	0.000047	0.000026	0.000041	0.000052	0.000075	0.000048
TLEVISACPO	0.000026	0.000042	0.000043	0.000046	0.000034	0.000053	0.000043	0.000040	0.000044	0.000036
WALMEX	0.000037	0.000031	0.000024	0.000048	0.000034	0.000032	0.000033	0.000045	0.000037	0.000052

Continúa Tabla 9

	<b>GRUMAB</b>	<b>KIMBERA</b>	<b>KOFL</b>	<b>LABB</b>	<b>LIVERPOLC</b>	<b>OHLMEX</b>	<b>PINFRA</b>	<b>SANMEXB</b>	<b>TLEVISACPO</b>	<b>WALMEX</b>
<b>AC</b>	0.000019	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00003	0.00005	0.00003	0.00004
<b>AMXL</b>	0.000025	0.00004	0.00003	0.00005	0.00004	0.00004	0.00003	0.00005	0.00004	0.00003
<b>ASURB</b>	0.000022	0.00006	0.00004	0.00006	0.00004	0.00005	0.00003	0.00004	0.00004	0.00002
<b>BOLSAA</b>	0.000056	0.00008	0.00003	0.00006	0.00005	0.00009	0.00004	0.00007	0.00005	0.00005
<b>COMERCIUBC</b>	0.000051	0.00006	0.00004	0.00007	0.00005	0.00006	0.00006	0.00005	0.00003	0.00003
<b>ELEKTRA</b>	0.000046	0.00004	0.00001	0.00005	0.00005	0.00009	0.00004	0.00003	0.00005	0.00003
<b>GAPB</b>	0.000018	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00006	0.00002	0.00004	0.00004	0.00003
<b>GENTERA</b>	0.000048	0.00006	0.00005	0.00008	0.00005	0.00006	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005
<b>GFNORTEO</b>	0.000048	0.00008	0.00005	0.00007	0.00006	0.00006	0.00004	0.00008	0.00004	0.00004
<b>GFREGIOO</b>	0.000033	0.00004	0.00004	0.00006	0.00005	0.00006	0.00003	0.00005	0.00004	0.00005
<b>GRUMAB</b>	0.000318	0.00004	0.00003	0.00000	0.00003	0.00005	0.00003	0.00005	0.00004	0.00003
<b>KIMBERA</b>	0.000038	0.00075	0.00004	0.00006	0.00007	0.00007	0.00003	0.00001	0.00005	0.00006
<b>KOFL</b>	0.000027	0.00004	0.00021	0.00005	0.00005	0.00004	0.00002	0.00006	0.00004	0.00003
<b>LABB</b>	0.000005	0.00006	0.00005	0.00055	0.00005	0.00004	0.00005	0.00006	0.00004	0.00005
<b>LIVERPOLC</b>	0.000035	0.00007	0.00005	0.00005	0.00020	0.00005	0.00003	0.00005	0.00003	0.00004
<b>OHLMEX</b>	0.000052	0.00007	0.00004	0.00004	0.00005	0.00043	0.00005	0.00003	0.00004	0.00004
<b>PINFRA</b>	0.000029	0.00003	0.00002	0.00005	0.00003	0.00005	0.00018	0.00002	0.00003	0.00003
<b>SANMEXB</b>	0.000047	0.00001	0.00006	0.00006	0.00005	0.00003	0.00002	0.00181	0.00004	0.00002
<b>TLEVISACPO</b>	0.000035	0.00005	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00018	0.00003
<b>WALMEX</b>	0.000031	0.00006	0.00003	0.00005	0.00004	0.00004	0.00003	0.00002	0.00003	0.00027

Fuente: Elaboración propia

Conociendo  $\sigma_{\Delta P}^2$  , tenemos que  $\sigma_{\Delta P} = 0.704210\%$  con lo que ya podemos calcular el VaR.

**Tabla 10.** VaR obtenido con la Metodología Delta-Normal.

Inversión Inicial	Nivel de confianza	Valor $\alpha$ en la tabla de la Normal Estándar	VaR
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 95%	1.645	\$1,158,425.62
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 99%	2.33	\$1,640,809.54

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3 Cálculo de VaR: Metodología Montecarlo.

Recordando el proceso revisado en la sección 2.3.1.2.1 la primera etapa consiste en definir el modelo que suponemos que describe el comportamiento de los datos, para esto utilizaremos el modelo geométrico browniano de la fórmula (2.36) revisada con anterioridad:

$$S_{t+1} = S_t + S_t(\mu\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}),$$

Debido a que los activos que usamos para la formación del portafolio no son independientes, es necesario considerar la covarianza dentro de la simulación, para lo cual utilizaremos la descomposición Choleski.

La matriz de covarianzas de los 20 activos que forman nuestro portafolio y su descomposición se detalla en el Anexo F.

Ahora vamos a construir la variable  $\epsilon = T\eta$ , donde T es el factor de descomposición Cholesky. Para esto debemos generar el vector  $\eta$  de números aleatorios distribuidos de acuerdo una normal estándar, para nuestro caso se trata de un vector de 20x1, ya que el portafolio se encuentra constituido por 20 activos.

Los números aleatorios que forman este vector fueron generados con apoyo de los recursos de Microsoft Excel 2010 a través de la función =INV.NORM.ESTAND(ALEATORIO())

El vector  $\eta$  se multiplica por la matriz T, resultando en un vector de 20x1 de variables normales estandarizadas que guardan el factor de correlación existente entre los activos.

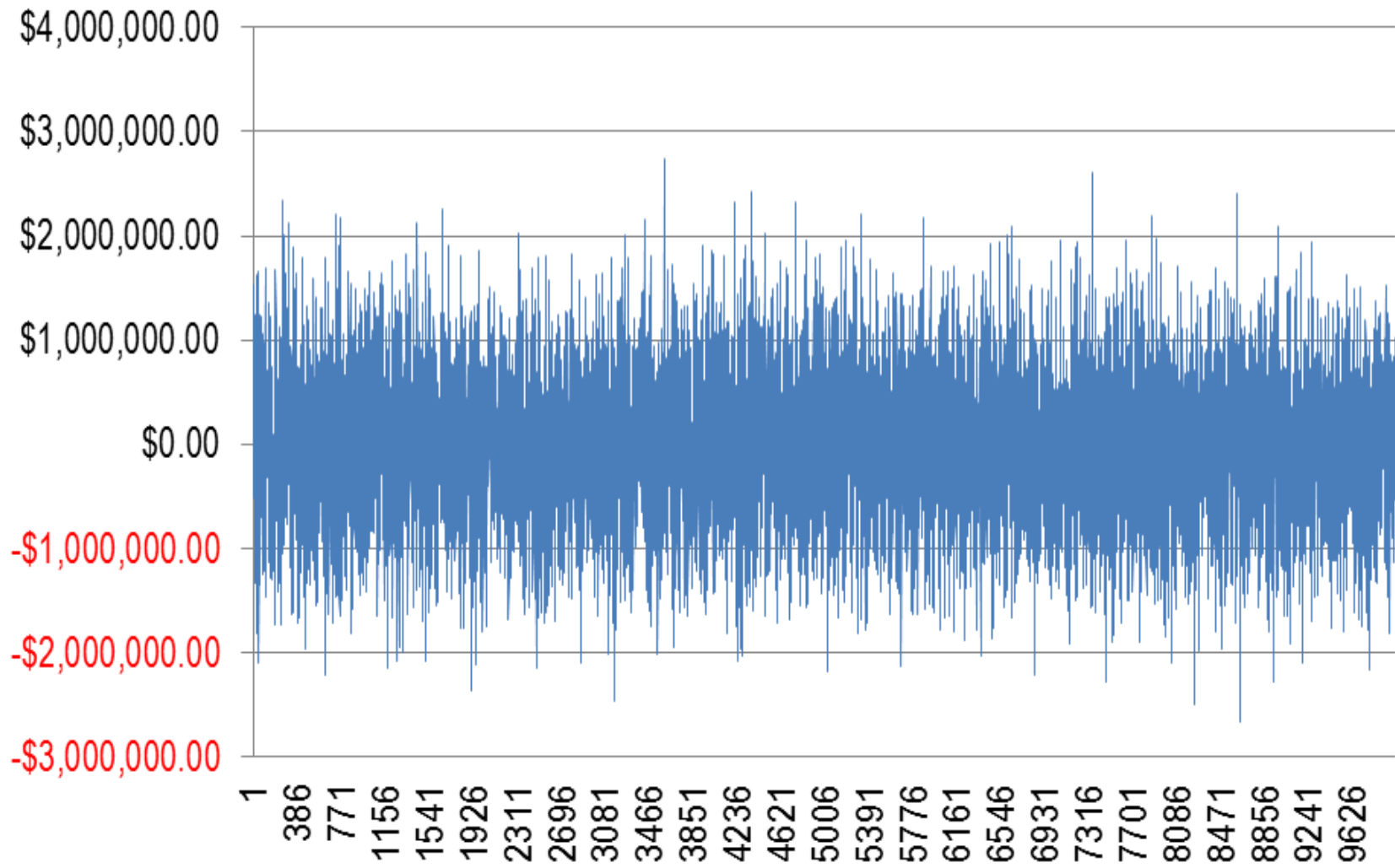
Con este nuevo vector  $\epsilon$  ya es posible simular la secuencia de valores para los activos y calcular el valor del portafolio para ese ejercicio, este último paso debe repetirse 10,000 veces con horizonte de tiempo de 1 día, esto se ilustra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Simulaciones del rendimiento del portafolio

No	Valor del portafolio	Rendimiento del Portafolio (\$)
1	\$99,485,359.93	-\$514,640.07
2	\$99,925,435.60	-\$74,564.40
3	\$100,725,767.97	\$725,767.97
4	\$100,990,443.12	\$990,443.12
5	\$99,808,698.00	-\$191,302.00
6	\$100,495,869.43	\$495,869.43
7	\$101,528,097.87	\$1,528,097.87
8	\$99,813,301.70	-\$186,698.30
9	\$100,562,770.98	\$562,770.98
10	\$100,046,931.07	\$46,931.07
11	\$98,669,338.48	-\$1,330,661.52
12	\$100,304,323.11	\$304,323.11
13	\$99,028,468.82	-\$971,531.18
14	\$99,672,472.05	-\$327,527.95
15	\$100,222,682.83	\$222,682.83
...	...	...
9,991	\$99,491,287.51	-\$508,712.49
9,992	\$100,093,791.89	\$93,791.89
9,993	\$100,050,454.58	\$50,454.58
9,994	\$99,679,692.62	-\$320,307.38
9,995	\$99,753,061.34	-\$246,938.66
9,996	\$99,687,685.28	-\$312,314.72
9,997	\$100,579,769.38	\$579,769.38
9,998	\$100,849,499.58	\$849,499.58
9,999	\$101,020,545.11	\$1,020,545.11
10,000	\$99,459,661.81	-\$540,338.19

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de rendimiento del portafolio para los valores simulados de los 10,000 escenarios se muestra en la Figura 12.



**Figura 12.** Rendimientos simulados.

**Fuente:** Elaboración propia



Los datos para la construcción de  $\epsilon$ , el total de las simulaciones y los rendimientos resultantes se incluyen en el Anexo G.

Ordenando de mayor a menor los valores simulados de la distribución del rendimiento del portafolio es posible obtener el VaR del portafolio con el nivel de confianza deseado, teniendo como resultados los mostrados en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Simulaciones Montecarlo del rendimiento, ordenadas de mayor a menor

No	Valor del portafolio	Rendimiento del Portafolio (\$)
1	\$102,737,637.80	\$2,737,637.80
2	\$102,614,007.94	\$2,614,007.94
3	\$102,424,878.90	\$2,424,878.90
4	\$102,412,463.42	\$2,412,463.42
5	\$102,338,919.40	\$2,338,919.40
...	...	...
9,499	\$98,809,959.89	-\$1,190,040.11
9,500	\$98,809,838.20	-\$1,190,161.80
9,501	\$98,809,266.39	-\$1,190,733.61
9,502	\$98,809,083.15	-\$1,190,916.85
9,503	\$98,808,840.86	-\$1,191,159.14
9,504	\$98,807,928.21	-\$1,192,071.79
...	...	...
9,898	\$98,359,891.31	-\$1,640,108.69
9,899	\$98,358,289.43	-\$1,641,710.57
9,900	\$98,357,780.32	-\$1,642,219.68
9,901	\$98,357,689.36	-\$1,642,310.64
...	...	...
9,996	\$97,713,979.41	-\$2,286,020.59
9,997	\$97,635,989.57	-\$2,364,010.43
9,998	\$97,541,428.19	-\$2,458,571.81
9,999	\$97,499,263.74	-\$2,500,736.26
10,000	\$97,342,854.42	-\$2,657,145.58

Fuente: Elaboración propia

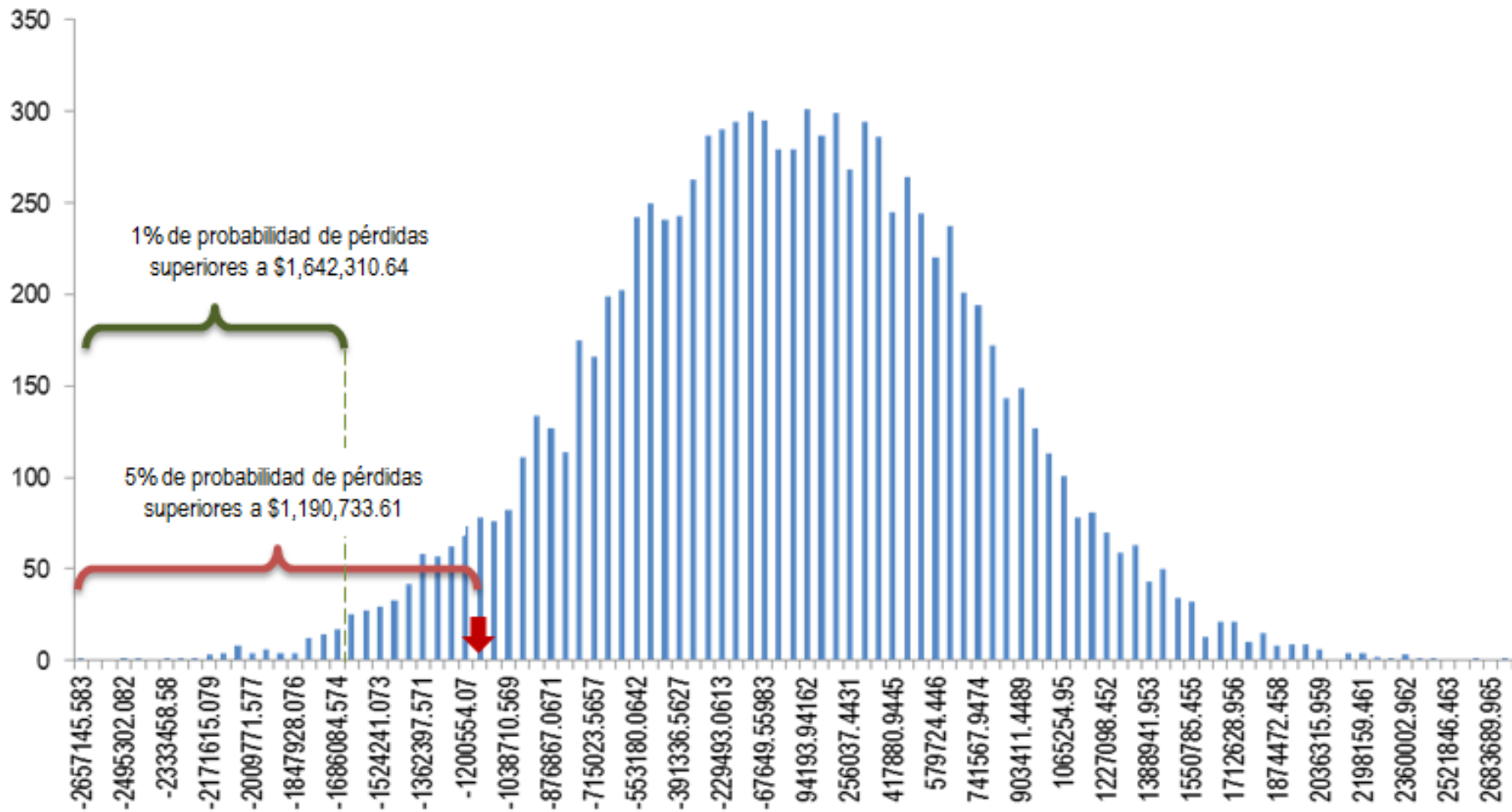
Lo anterior nos dice que únicamente con un 5% de probabilidad la pérdida podría ser mayor a \$1,190,733.61 y que con un 1% de probabilidad la pérdida superaría \$1,642,310.64, en las próximas 24 horas .

**Tabla 13.** VaR obtenido con la metodología Montecarlo.

Inversión Inicial	Nivel de confianza	Valor $\alpha$ en la tabla de la Normal Estándar	VaR
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 95%	1.645	\$1,190,733.61
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 99%	2.33	\$1,642,310.64

**Fuente:** Elaboración propia

La Figura 13 nos ayuda a ilustrarlo mejor, se trata de la distribución de los rendimientos obtenidos con cada una de las simulaciones.



**Figura 13.** Distribución de los rendimientos obtenidos con cada una de las simulaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

La manera en la que se elige la conformación de un portafolio se define principalmente en los conceptos asociados al nivel de rendimiento y al grado de riesgo de los instrumentos. La aplicación de los métodos de cuantificación de riesgo son cada vez más discutidos por las instituciones debido a la importancia que han adquirido dentro de los procesos de administración del mismo, requiere del desarrollo no solo de metodologías si no de políticas e infraestructura. La administración de riesgo como herramienta de gestión se ha vuelto indispensable para el éxito de cualquier empresa en la actualidad.

El VaR se ha popularizado en el mundo como medida de riesgo del mercado de activos y de portafolios, la elección de los parámetros (nivel de confianza y horizonte temporal) así como la metodología utilizada para el cálculo varían y se determinan acorde a la naturaleza del instrumento evaluado, estos a su vez representan el grado de aversión al riesgo que se tiene.

En el desarrollo de esta investigación nos apoyamos en primera instancia en la Teoría de Portafolio de Markowitz que nos permitió el diseño de un portafolio óptimo en el cual se disminuyó el riesgo a través de la diversificación. Para el cálculo del VaR se tomaron a consideración dos métodos: el Delta Normal y el Montecarlo, mismos que se aplicaron al mismo portafolio con la finalidad de ser comparados, cada uno de ellos cuenta con ventajas y desventajas en su aplicación.

El método Delta Normal implica la valuación del portafolio una sola vez con los precios observados, a través de él es posible manejar un gran número de activos y es fácil de implementar, sin embargo cuantifica de manera pobre la probabilidad de que se presenten circunstancias extremas o inusuales debido a que este tipo de eventos no ocurren con la frecuencia suficiente como para ser correctamente cuantificados con los datos históricos, subestimando con ello el verdadero valor en riesgo.

Por otra parte, suele medir inadecuadamente el riesgo de instrumentos no lineales, tales como las opciones. Además depende totalmente del supuesto de normalidad de los rendimientos.

En contraste, el método de Montecarlo cubre un rango muy grande de valores posibles en las variables y considera las correlaciones entre ellas, se trata de una metodología muy poderosa que considera el riesgo de precios de instrumentos no lineales, la volatilidad y escenarios extremos. Su principal defecto radica en el costo computacional de generar 5,000 o 10,000 escenarios para cada activo del portafolio, es caro en términos de infraestructura y desarrollo intelectual.

Otro de sus inconvenientes es el hecho de que, aunque no depende de una suposición de distribución de los rendimientos, está sujeto a un modelo estocástico específico con lo que se corre el riesgo de que el modelo no sea el más adecuado, y también su buen funcionamiento dependerá de la elección de un buen generador de número aleatorios.

Los resultados obtenidos de la aplicación de ambas metodologías se comparan en la Tabla 13, podemos observar que el VaR obtenido a través de Montecarlo es mayor al Delta Normal, esto probablemente debido a lo mencionado en párrafos anteriores sobre el hecho de que no se cuantifica la posibilidad de escenarios extremos, a pesar de que los resultados son muy parecidos con este hecho podríamos decir que el método de Montecarlo presentó un mejor desempeño.

**Tabla 14.** Comparación entre métodos.

Inversión Inicial	Nivel de confianza	VaR Delta Normal	VaR Montecarlo
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 95%	\$1,158,425.62	\$1,190,733.61
\$100,000,000.00	1 - $\alpha$ = 99%	\$1,640,809.54	\$1,642,310.64

**Fuente:** Elaboración propia

La similitud en los montos se debe a que los rendimientos del portafolio hipotético con el que trabajamos si cumplen con el supuesto de una distribución normal, de ahí que los resultados sean parecidos.

Es de importancia puntualizar el hecho de que el VaR no se trata del peor escenario, sino de un nivel de pérdidas que se produce con relativa frecuencia. El VaR permite, entre otras cosas, optimizar la relación entre el riesgo y el entorno de manera que se puedan establecer límites operativos y asignar recursos de un modo más eficiente.

Más allá de los resultados particulares del ejercicio, el trabajo apunta a la presentación de las metodologías y sus ventajas-desventajas en términos de gestión de riesgo así como la importancia de su implementación. Resalta la técnica de Montecarlo especialmente por el hecho de que no requiere de la suposición acerca de la distribución.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADVFN. (2014). Organismos Reguladores del Sistema Financiero Mexicano. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de ADVNF: <http://mx.advfn.com/organismos-reguladores-del-sistema-financiero-mexicano>
- Alonso, M. A. (2010). Curso de Prensa Económica y Financiera los Mercados de Divisas y el Euromercado. Recuperado el 18 de Enero de 2015, de Análisis de Noticias Económicas: [http://prensaeconomica.weebly.com/uploads/1/3/7/5/1375725/sesin\\_del\\_mercado\\_de\\_divisas.pdf](http://prensaeconomica.weebly.com/uploads/1/3/7/5/1375725/sesin_del_mercado_de_divisas.pdf)
- Alvarez, F. F. (20 de Marzo de 2012). La diversificación del riesgo, una estrategia inteligente. Recuperado el 15 de Julio de 2014, de Empresa y Estrategia: <http://www.empresayestrategia.com/2012/03/la-diversificacion-del-riesgo-una.html>
- Alvarez, M. (2013). Curso de Fianzas Internacionales. Recuperado el 26 de Enero de 2015, de Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas": <http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/maestrias/made/m230054/06Cap-2-1-MERCADO-DIVISAS.pdf>
- Ávila, J. C. (2005). Medición y Control de Riesgos Financieros en Empresas del Sector Real. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Banorte. (2011). Administración de Riesgos. Recuperado el Febrero de 2014, de [http://www.banorte.com.mx/doc/Nota\\_RC\\_EEFF\\_3T07\\_ProNegocio\\_2\\_.pdf](http://www.banorte.com.mx/doc/Nota_RC_EEFF_3T07_ProNegocio_2_.pdf)
- BANXICO. (2005). Definiciones Básicas de Riesgo: Banco de México. Recuperado el 31 de Junio de 2014, de Banco de México: <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/riesgos/%7BA5059B92-176D-0BB6-2958-7257E2799FAD%7D.pdf>
- BANXICO. (2005). Definiciones básicas de Riesgos. MÉXICO: BANCO DE MÉXICO.
- BANXICO. (2005). Sistema Financiero. Recuperado el 8 de Diciembre de 2014, de Banco de México: [http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-](http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/riesgos/%7BA5059B92-176D-0BB6-2958-7257E2799FAD%7D.pdf)

educativo/intermedio/riesgos/%7BA5059B92-176D-0BB6-2958-7257E2799FAD%7D.pdf

- BANXICO. (2013). Banco de México. Recuperado el 2014 de Diciembre de 18, de <http://www.banxico.org.mx>
- BMV. (2007). Acciones. Recuperado el 18 de Marzo de 2015, de [http://www.bmv.com.mx/wb3/wb/BMV/BMV\\_acciones](http://www.bmv.com.mx/wb3/wb/BMV/BMV_acciones)
- BMV. (2013). Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). Nota Metodológica. México: Bolsa Mexicana.
- Bolsa Mexicana de Valores. (2011). ¿Qué es un intermediario bursátil? Recuperado el 7 de Diciembre de 2014, de Bolsa Mexicana de Valores: <http://bolsamexicanadevalores.com.mx/%C2%BFque-es-un-intermediario-bursatil/>
- Bolsa Mexicana de Valores. (2012). Sentra Capitales. Recuperado el 3 de Abril de 2015, de Bolsa Mexicana de Valores: <http://bolsamexicanadevalores.com.mx/sentra-capitales/>
- Bolsa Mexicana de Valores. (2013). IPC Bolsa Mexicana. Recuperado el 8 de Mayo de 2015, de Bolsa Mexicana de Valores: <http://bolsamexicanadevalores.com.mx/ipc-bolsa-mexicana/>
- CaixaBank. (2010). Fichas formativas: La diversificación. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de CaixaBank: [http://www.caixabank.com/aula/materiales/fichasformativas\\_es.html#](http://www.caixabank.com/aula/materiales/fichasformativas_es.html#)
- Carbajar, V. M., & Ramírez, A. (2005). Una Aplicación del Modelo Media “Una Aplicación del Modelo Media Una Aplicación del Modelo Media – Varianza (Markowitz) para algunas acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Universidad Autónoma Metropolitana, Distrito Federal.
- CEFP. (2009). El Mercado de Valores en México. México: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.
- CODUSEF. (2013). Características de los Principales Tipos de Valores. Recuperado el 29 de Agosto del 2015: [http://www.condusef.gob.mx/PDF-s/cuadros\\_comparativos/otros\\_sectores/bursatil/intermediarias\\_bursatiles/mercado\\_valoresIII2.swf](http://www.condusef.gob.mx/PDF-s/cuadros_comparativos/otros_sectores/bursatil/intermediarias_bursatiles/mercado_valoresIII2.swf).



- CONSAR. (2012). ¿Qué es la CONSAR?. Recuperado el 25 de Agosto de 2015:[http://www.consar.gob.mx/principal/info\\_gral\\_trabajadores-imss\\_consar.aspx](http://www.consar.gob.mx/principal/info_gral_trabajadores-imss_consar.aspx).
- CNBV (2015) Recuperado el 12 de Agosto de 2015 de: <http://www.cnbv.gob.mx/SECTORES-SUPERVISADOS/BURS%C3%81TIL/Boletines-de-Prensa/Paginas/Casas-de-Bolsa.aspx>
- De Jesús, R. (2008). Riesgo y volatilidad en los mercados accionarios emergentes: Medición del VaR y cVaR aplicando la teoría de Valor Extremo. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fera, J. M., & Oliver, M. D. (2006). Valor en riesgo (VeR): concepto, parámetros y utilidad. *Universia Business Review*.
- Fernandez, E. (2010). Renta Fija y Renta Variable. Obtenido de <http://es.slideshare.net/EmmanuelFernandez/renta-fija-y-renta-variable>
- García y Martínez. (2006). "Enfoques Diferentes Para Medir El Valor En Riesgo (VAR) y Su Comparación. Aplicaciones", Asociación Española de Profesores Universitarios de Matemáticas para la Economía y la Empresa (ASEPUMA). Obtenido de [http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica\\_01.pdf](http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_01.pdf)
- Gómez, A. G. (2002). Mercado de Capitales en México. Recuperado el 3 de Marzo de 2015, de <http://www.alaingarcia.net/ensayos/mercado.htm>
- IPAB. (2013). ¿Qué es el IPAB?. Recuperado el 25 de Agosto del 2015: <http://www.libresindeudas.com/que-es-el-ipab/>.
- Jorion, P. (2000). *Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk*. New York: McGraw-Hill.
- Las bolsas de valores. (2013). Tipos de Acciones. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de <http://www.lasbolsasdevalores.com/la-bolsa-y-los-mercados-financieros/acciones/tipos-de-acciones.htm>
- Lasa, A. J. (2005). Construcción de la 'Frontera Eficiente' de Portafolios de Inversión. Aplicación al caso de México". *Denarius*(10), 131-153.
- LGTOC. (2008). Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito. Última reforma publicada DOF 20-08-2008. Diario Oficial de la Federación.

- Machuca, R. (2013). ¿Qué son los acuerdos de Basilea? Basilea I, Basilea II y Basilea III. Recuperado el 05 de marzo de 2015, de Power Data: <http://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/bid/307125/Qu%C3%A9-son-los-acuerdos-de-Basilea-Basilea-I-Basilea-II-y-Basilea-III>
- Manchuca, R. (22 de Junio de 2013). Basilea. Recuperado el 2015, de PowerData: <http://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/bid/307125/Qu%C3%A9-son-los-acuerdos-de-Basilea-Basilea-I-Basilea-II-y-Basilea-III>
- Mascareñas, J. (Diciembre de 2012). Gestión de Carteras II:Modelo de Valoración de Activos. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Mascareñas, Juan. (Mayo de 2008). Introducción al Valor en Riesgo (VaR). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2014). CAPITULO I. Conceptos Básicos sobre el Mercado de Valores. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de Ministerio de Economía y Finanzas: [http://www.mef.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2186%3Acapitulo-i-conceptos-basicos-sobre-el-mercado-de-valores-&Itemid=100143&lang=es](http://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2186%3Acapitulo-i-conceptos-basicos-sobre-el-mercado-de-valores-&Itemid=100143&lang=es)
- Morales, J. A., & Morales, A. (2005). Finanzas V (Mercados Financieros). Facultad de Contaduría y Administración, UNAM.
- Morera, A. P. (2002). VAR: UNA OPCIÓN PARA MEDIR EL RIESGO DE MERCADO EN LOS FONDOS DE PENSIONES. SUPERINTENDENCIA DE PENSIONES, Departamento de Estudios Especiales y Valoración de Riesgo, COSTA RICA.
- Novales, A. (2014). Valor en Riesgo. (U. Complutense, Ed.) Departamento de Economía Cuantitativa.
- PlanetaForex. (2014). El Mercado de Derivados Financieros. Recuperado el 4 de Febrero de 2015, de Planeta Forex: <http://www.planetaforex.com/mercado-de-derivados-financieros-opciones-forwards-swaps-digital-contratos/>
- Preixens, T. (1992). Hacia una Teoría de Carteras desde el punto de vista de la revisión. Barcelona.

- Rankia. (2014). ¿Qué es la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)?. Recuperado el 25 de Agosto de 2015: <http://www.rankia.mx/blog/aseguradoras-y-seguros/2579243-que-comision-nacional-seguros-fianzas-cnsf>.
- Roldán, A. (2006). II Curso de Alta Especialización en Fiscalidad Financiera. El Mercado de Capitales. Agencia Estatal de Administración Tributaria.
- Rombiola, N. (2010). Instrumentos Renta Fija. Recuperado el 5 de Mayo de 2015, de Renta Fija: <http://rentafija.org/instrumentos-renta-fija.html>
- Sansores, E. (septiembre-diciembre de 2008). El Modelo de Valuacion de Activos de Capital aplicado a mercados financieros emergentes. El caso de México 1997-2006. Contaduría y Administración(226).
- Santillan, A. G. (2007). Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados. En Libros y Manuales Fianzas. Veracruz: Contaduria y Administración Unidad Multidisciplinaria: CIE.
- SHCP. (2014). Estructura del Sistema Financiero Mexicano . Recuperado el 8 de Noviembre de 2014, de Secretaria de Hacienda y Crédito Público: [http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/casfim\\_new/estructura/organigrama.pdf](http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/casfim_new/estructura/organigrama.pdf)
- Scribd. (2011). Valuación de acciones. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/49620711/Valuacion-de-acciones#scribd>
- SHCP. (2012). Antecedentes Históricos de la SHCP. Recuperado el Agosto de 2014, de Secretaría de Hacienda y Crédito Público: [http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/Documents/antecedentes\\_historicos.pdf](http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/Documents/antecedentes_historicos.pdf)
- Texson, G. G. (2005). Diseño de un simulador de vuelo para la compra y venta de acciones en el mercado accionario mexicano. Tesis (Lic. en Contaduría y Finanzas). . Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Negocios.
- Universidad Autonoma de Yucatán . (n.d.). Sistema Financiero Mexicano. Recuperado el Febrero de 2014, de [http://www.uady.mx/~contadur/ca\\_fca/caef/aief/sistema\\_financiero\\_mexicano.pdf](http://www.uady.mx/~contadur/ca_fca/caef/aief/sistema_financiero_mexicano.pdf)

- Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). (n.d.). Sistema Financiero Mexicano . Recuperado el Febrero de 2014, de [http://www.uady.mx/~contadur/ca\\_fca/caef/aief/sistema\\_financiero\\_mexicano.pdf](http://www.uady.mx/~contadur/ca_fca/caef/aief/sistema_financiero_mexicano.pdf)
- Villarreal, J. D. (Julio de 2008). Administración Financiera II.