



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE ECONOMÍA

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PORTAFOLIO DE INVERSIÓN QUE
MINIMICE EL RIESGO DE LA INVERSIÓN Y MAXIMICE EL
RENDIMIENTO HACIENDO COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS
MARKOWITZ Y MONTECARLO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

CONTRERAS MERCADO AZUCENA
SANCHEZ MARTINEZ ANA YELLI

ASESOR:

M.EN.E.JUAN JOSE LECHUGA ARIZMENDI

REVISORES:

M.EN E. OSWALDO TAPIA REYNOSO
M.EN E.JUVENAL ROJAS MERCED

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

ENERO 2016

Agradecimiento

A Dios

Por cada regalo de gracia que me has dado y que inmerecidamente he recibido. Por estar conmigo en cada paso que doy, protegiéndome y brindándome la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad.

A mis Padres:

Horacio Contreras Meza y Modesta Mercado Contreras

Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Convirtiéndose en mi mayor orgullo y ejemplo de lucha, trabajo y constancia. Gracias a ustedes he cumplido esta meta, Los amo.

Agradecimiento

A Dios

Por darme aliento en los momentos difíciles; te agradezco poner en mi camino personas que me apoyan para cumplir mis sueños y por el día a día recibido.

A Mis Padres

Sé que no tengo palabras para agradecer el inmenso esfuerzo que han hecho para apoyarme; esta meta cumplida es gracias a ustedes. Gracias a sus esfuerzos estoy aquí, y soy quien soy. Como familia pasamos muchas dificultades pero ustedes me enseñaron a ser fuerte y a ver con optimismo la vida. Agradezco la confianza depositada esperando recompensar tantos sacrificios.

A Mi Hermana

Gracias por tu apoyo en los momentos más difíciles, por estar ahí cuando más lo he necesitado, Por ser mi mejor amiga, confidente, mi compañera de aventuras y desventuras.

ÍNDICE

Introducción.....	8
-------------------	---

Capítulo I.Sistema Financiero Mexicano

1.1 Generalidades.....	11
1.1.2 Operaciones	12
1.1.3 Sistema Bursátil.....	12
1.1.4 Bolsa Mexicana de Valores	13
1.1.5 Mercado de Valores.....	13
1.1.6 Ley de Sociedades de Inversión.....	14
1.2 Mercado Financiero	14
1.2.1 Función de los Mercados Financieros	14
1.2.2 Clasificación de los Mercados	15
1.3 Intermediarios Financieros.....	17
1.3.1 Instituciones Financieras	17
1.3.1.1 Bancarias.....	17
1.3.1.2 Auxiliares de Crédito.....	18
1.3.1.3 Bursátiles.....	21
1.3.1.4 Pensiones.....	22
1.3.1.5 Seguros y Fianzas	22
1.3.2 Función de los Intermediarios Financieros	23
1.4 Factores Determinantes de Activos y Tasas de Interés.....	23
1.4.1 Propiedad de los Activos Financieros.....	23
1.4.2 Principios de la Fijación de Precios de Activos Financieros	24
1.4.2.1 La Tasa de Descuento Adecuada.....	25
1.4.2.2 Propiedades de los Precios y los Activos	26
1.4.3 Volatilidad de Precios de los Activos Financieros.....	26
1.4.3.1 Medición de la Sensibilidad del Precio con los Cambios en la Tasa de Interés: Duración	27

1.4.3.2 Teorías de las Tasas de Interés	28
1.4.3.3 Teoría de los Fondos Susceptibles de Concederse en Préstamo	30
1.4.3.4 Teoría de la Preferencia de la Liquidez	30
1.5 Mercado de Instrumentos Derivados	31
1.5.1 Mercado de Futuros Financieros	31
1.5.2 Mercado de Opciones.....	32
1.6 Organismos Reguladores del Sistema Financiero Mexicano	33
1.6.1 Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	33
1.6.2 Banco de México	34
1.6.3 Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).....	34
1.6.4 Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR).....	35
1.6.5 Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF)	35
1.6.6 Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB)	35
1.6.7 Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)	36
1.7 Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC)	36
1.7.1 Metodología	37
Conclusión del Capítulo	37

Capítulo II. Teoría de Portafolios de Inversión

2.1 Riesgo	38
2.1.2 Definición	38
2.2 Tipos de Riesgo.....	39
2.2.1 Riesgo Sistemático	39
2.2.2 Riesgo No Sistemático.....	39
2.2.3 Riesgo Financiero	39
2.2.3.1 Riesgo de Mercado.....	40
2.2.3.2 Riesgo de Crédito	40
2.2.3.3 Riesgo de Liquidez	40
2.2.3.4 Riesgo Legal.....	41

2.2.3.5 Riesgo Operacional	41
2.2.3.6 Riesgo de Reputación	42
2.3 Rendimiento	42
2.4 Medición del Riesgo.....	44
2.5 Varianza	44
2.6 Covarianza.....	45
2.7 Correlación	46
2.8 Volatilidad	47
2.9 Portafolios de Inversión	47
2.9.1 Optimización de Portafolios	48
2.9.1.1 Cálculo de la Frontera Eficiente.....	48
2.9.1.2 Diversificación.....	50
2.10 Modelo de Markowitz.....	50
2.11 Modelo CAPM (Capital Asset Prince Model)	52
2.11.1 El Conjunto Eficiente.....	55
2.12 Valor en Riesgo o Value at Risk (VaR).....	56
2.12.1 Definición	56
2.12.2 Iniciativas Regulatorias Para la Banca Sobre el VAR	58
2.12.2.1 El Acuerdo de Basilea de 1988.....	59
2.12.2.2 La Proporción Cooke	59
2.12.2.3 Restricciones de Actividad.....	61
2.12.2.4 Críticas al Enfoque de 1988	61
2.12.3 Las Propuestas de Basilea Sobre los Riesgos de Mercado	62
2.13 Métodos para la Medición del VaR	63
2.13.1 Método Paramétrico.....	63
2.13.1.1 El Valor en Riesgo de un Activo Individual	63
2.13.1.2 Método Delta-Normal.....	64
2.13.2 Método No Paramétrico	65
2.13.2.1 Simulación Histórica con Crecimientos Absolutos	66
2.13.2.2 Simulación Histórica con Crecimientos Logarítmicos	66

2.13.2.3. Simulación Histórica con Crecimientos Relativos	67
2.13.2.4 Método de Simulación Histórica	68
2.13.2.5 Método de Pruebas de Estrés	68
2.13.2.6 Método de Simulación Monte Carlo.....	69
2.13.2.6.1 Monte Carlo Estructurado	70
Conclusión del Capítulo	72

Capítulo III. Comparación de los Modelos Markowitz y Monte Carlo de un Portafolio de Inversión

3.1 Elección de la Muestra	73
3.2 Estructuración del Portafolio.....	76
3.3 Modelo Markowitz.....	79
3.3.1 Optimización del Portafolio	83
3.3.2. Monto de Inversión en cada Instrumento	85
3.3.3. Rentabilidad.....	86
3.4 Modelo Monte Carlo	87
3.5 Comparación entre los Modelos Markowitz y Monte Carlo.....	93
Conclusiones.....	95
Anexos	97
Bibliografía	104

Introducción

El funcionamiento del Sistema financiero constituye uno de los aspectos claves en la determinación de la prosperidad de los países debido a la incorporación de incentivos para el ahorro, y a la inversión productiva de este, lo que favorece la reducción del costo de capital. Al mismo tiempo, el tener un sistema financiero débil puede incrementar la vulnerabilidad de las economías.

El mercado de valores se define como el conjunto de leyes, reglamentos, instituciones, intermediarios y participantes en general tendientes a poner en contacto la oferta y la demanda de títulos de crédito. La intermediación de valores tiene como objetivo, financiar y capitalizar a las empresas, para brindar a los inversionistas una expectativa de ganancia patrimonial.

La palabra “riesgo” ha sido uno de los problemas más agudos en el ámbito financiero y eliminarlo resulta imposible, sin embargo; existe la manera de minimizarlo mediante diversas metodologías. Uno de los principales problemas que enfrenta un inversionista en los mercados financieros es la toma de decisiones para la creación de un portafolio de inversión que maximice sus rendimientos y minimice sus riesgos. El VaR, del inglés Value-at-Risk (valor en riesgo), es un número que resume la información que el inversionista busca tan arduamente, ya que le muestra cuanto es lo máximo que espera o arriesga perder. De esta manera una cartera será eficiente si proporciona la máxima rentabilidad posible para un riesgo dado, o si presenta el menor riesgo posible para un nivel determinado de rentabilidad.

En el presente trabajo se realizará y comparará el Valor en Riesgo, para el análisis del portafolio se utilizará el modelo de Markowitz el cual desarrolla su método sobre la base del comportamiento racional del inversor y se comparará con el método de simulación Monte Carlo. Estos métodos de análisis se basan principalmente en pronosticar las variaciones futuras de un valor bursátil teniendo como base la información disponible del mercado, ambos estructurados con acciones que cotizan en el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

Hipótesis

Es posible reducir más el riesgo a través de un ejercicio de optimización basado en la Teoría del Portafolio, mediante el Modelo Monte Carlo en comparación al Modelo de Markowitz.

Objetivos

- Objetivo General:

Construir un portafolio que minimice el riesgo de la inversión y maximice el rendimiento mediante un estudio comparativo del Modelo Monte Carlo y el Modelo Markowitz.

- Objetivos particulares:

Conocer el desarrollo del Sistema Financiero, el funcionamiento del Mercado Accionario Mexicano y las características generales de la Bolsa Mexicana de Valores.

Analizar la Teoría de Portafolios y la Diversificación de Portafolios del Modelo Monte Carlo y Markowitz

Realizar un Portafolio Óptimo con acciones que pertenezcan al Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

El objetivo del presente trabajo es proponer una metodología objetiva para la selección de portafolios en el corto plazo que solucione las necesidades de los inversionistas, proponiendo los diferentes movimientos diarios de acciones necesarios para obtener una buena rentabilidad.

El trabajo consta de una introducción donde se da a conocer de manera general la estructura de la tesis. Posteriormente en el Capítulo 1, se abordará el tema del Sistema Financiero Mexicano, generalidades, operaciones, Sistema Bursátil, Bolsa Mexicana de Valores, Mercado de Valores, Mercado Financiero y su función, Intermediarios Financieros e Instituciones Financieras, Factores determinantes de los Activos y Tasas de Interés, Mercado de Instrumentos Derivados, Mercado de Futuros Financieros, Mercado de Opciones, Organismos Reguladores del Sistema Financiero Mexicano, así como el Índice de Precios y Cotizaciones; entre otros.

En el Capítulo 2, se analizará la Teoría del Portafolios de Inversión, señalando Riesgo y Tipos de Riesgo, Rendimiento, Volatilidad, Optimización de Portafolios, Cálculo de la Frontera Eficiente, Diversificación, Modelo CAPM. Se abordara el Modelo Monte Carlo y Markowitz y se introduce el significado del Valor en Riesgo (VaR), sus aportaciones de Acuerdo al Comité de Basilea, sus ventajas y Métodos para su Medición.

En el Capítulo 3, se realizara la estructuración de un portafolio óptimo, se llevara a cabo la comparación del VaR obtenido del Modelo Monte Carlo y el Modelo de Markowitz, que minimice el riesgo de inversión y maximice de la rentabilidad del inversor.

Capítulo I. Sistema Financiero Mexicano

Objetivo del Capítulo

Proporcionar un panorama general de los principales componentes, organismos y reguladores del Sistema Financiero Mexicano.

1.1 Generalidades

El Sistema Financiero Mexicano puede definirse como el conjunto de organismos e instituciones que captan, administran y canalizan a la inversión, el ahorro dentro del marco legal que corresponde en territorio nacional.¹

Los mercados financieros son el mecanismo de transmisión entre los ahorradores-prestadores y los acreditados-gastadores. A través de una amplia variedad de técnicas, instrumentos e instituciones, los mercados financieros movilizan el ahorro de millones y los dirigen a las manos de acreditados-consumidores que necesitan más fondos de los que disponen. Los mercados financieros son conductos a través de los cuales aquellos que no gastan todo su ingreso pueden dejar disponibles esos excedentes para aquellos que necesitan gastar más que su ingreso.

El sistema financiero se trata de una realidad que ha ido apareciendo paulatinamente para conformar un sistema orgánico que permita estudiarse en forma sistematizada y científica, alrededor de los fenómenos de captación de recursos (ahorro) y su inversión en actividades de consumo o de producción (colocación).²

La Evolución del Sistema Financiero Mexicano está vinculada a la historia de la banca y el crédito. Existiendo dos versiones acerca del origen de la banca. La primera y la más aceptada, surgió en Babilonia hacia el siglo VII a.C. De acuerdo con la segunda, las actividades bancarias se iniciaron en Inglaterra en el siglo VI a.C.

Durante mucho tiempo, y en muchas culturas, las operaciones de la banca se basaron en la confianza en los sacerdotes y la seguridad de los templos. Las primeras actividades bancarias fueron la custodia de medios de pagos, los créditos y los pagos a

¹ <http://www.amaii.com.mx>

² "Sistema financiero es el conjunto de mercados e instituciones que permiten que una sociedad capte recursos desde las unidades económicas poseedoras de ahorro o unidades de gasto con superávit y se canalicen a las unidades económicas deficitarias. La función primaria que realiza el sistema financiero se circunscribe a poner el contacto a quienes desean prestar o invertir fondos con aquellos que quieren captar nuevos recursos" GARCIA CASTILLO TONATIUH, en *Enciclopedia Jurídica Mexicana*, México, Porrúa-UNAM, 2002.

distancia en la cuenca del Mediterráneo. En la Edad Media europea aparecieron los bancos que manejaban letras de cambio, giros y avales, y contaban con sucursales. En el Renacimiento se comenzó a aplicar el sistema de partida doble.

1.1.2 Operaciones

Las principales operaciones de las Instituciones del Sistema Financiero Mexicano son:

- Financiamiento: otorgar-obtener créditos.
- Realización de inversiones.
- Prestación de servicios bancarios como el pago de impuestos, IMSS, INFONAVIT, ISSSTE, etc.
- Emisión y colocación de instrumentos bursátiles, y las tareas respectivas a actividades financieras en seguros, fianzas, arrendamientos financieros, etc.

El objetivo del Sistema Financiero es gestionar la asignación eficiente de recursos entre los ahorradores y los demandantes de crédito.³

La principal función del Sistema Financiero Mexicano consiste en captar los recursos monetarios de los ahorradores e inversionistas, para ubicarlos con empresas, personas o instituciones que lo necesiten.⁴

1.1.3 Sistema Bursátil

El Sistema Bursátil Mexicano, es el conjunto de organizaciones tanto públicas como privadas, a través de las cuales se regulan y llevan a cabo actividades financieras mediante títulos-valor, negociables en la Bolsa Mexicana de Valores, gestionadas por ofertantes y demandantes los cuales intercambian recursos monetarios, obteniendo los primeros un rendimiento y pagando los segundos un costo financiero.

Estas operaciones son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.⁵

³ <http://www.banxico.gob.mx/sistemafinanciero/index.html>

⁴ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

⁵ "Instituciones Financieras" Dieck 2004.

1.1.4 Bolsa Mexicana de Valores

La Bolsa Mexicana de Valores (BMV) es una Sociedad Anónima de Capital Variable (S.A de C.V) que opera por concesión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y con apego a la Ley del Mercado de Valores.⁶

Es el lugar donde se efectúan y registran las operaciones realizadas por las casas de bolsa. Los inversionistas a través de intermediarios bursátiles, compran y venden acciones e instrumentos de deuda.

Funciones de la Bolsa Mexicana de Valores:

- Proporciona la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para realizar procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos.
- Hace pública la información bursátil.
- Supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa.
- Fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores en México.

1.1.5 Mercado de Valores

Es el conjunto de normas y participantes que permiten, de manera organizada, la colocación, distribución e intermediación de valores inscritos en el Registro Nacional de Valores.⁷

Ley del Mercado de Valores

Regula las ofertas públicas de las empresas emisoras, así como las actividades de todos los que participan en el Mercado de Valores. De igual forma, regula el cumplimiento de la intermediación que realizan las casas de bolsa, la actividad del Registro Nacional de Valores e Intermediarios.

⁶ "Instituciones Financieras" Dieck 2004.

⁷ "Instituciones Financieras" Dieck 2004.

1.1.6 Ley de Sociedades de Inversión

Regula el funcionamiento de las sociedades de inversión y de sus operadores, así como el papel de las autoridades encargadas de vigilar su sano desarrollo y estricto apego al marco normativo vigente.⁸

1.2 Mercado Financiero

Los mercados financieros, son aquellos lugares donde compradores y vendedores se concentran para intercambiar activos financieros.

1.2.1 Función de los Mercados Financieros

La primera es que la interacción de compradores y vendedores en un mercado financiero determina el precio del activo comercializado y el rendimiento requerido de un activo financiero. Se le llama *proceso de fijación de precio*.

La segunda es que los mercados financieros proporcionan un mecanismo para que el inversionista venda un activo financiero. Por esta razón se dice que un mercado financiero proporciona *liquidez*, una característica atractiva cuando las circunstancias forzan o motivan a un inversionista a vender.

La tercera función económica de un mercado financiero es que reduce el costo de transacciones. Hay dos costos asociados con las transacciones: *los costos de búsqueda y los costos de información*.⁹

1. El ahorrador o público inversionista: son aquellas personas u organizaciones que hacen operaciones a través del sistema, y que cuentan con activos monetarios disponibles y líquidos (dinero) sobre los que buscan rendimientos atractivos.

⁸ "Instituciones y Sociedades de Inversión" lbedem 30.

⁹ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

2. Los emisores: son aquellas empresas que buscan recursos para cubrir necesidades o financiamiento para proyectos a través de colocación de deuda o préstamos directos de las instituciones que participan en el sector.
3. Instituciones financieras y regulatorias: Principales y auxiliares, las principales son las instituciones bancarias y las auxiliares incluyen servicios paralelos (casas de cambio, uniones de crédito) o complementarios (seguros, fianzas, pensiones, etc.). Las instituciones regulatorias se encargan de establecer y supervisar la legislación bajo la que se realiza toda la actividad del sector.

1.2.2 Clasificación de los Mercados

i. Por sus participantes

La compraventa de valores se puede llevar a cabo mediante mercados primarios, es decir cuando el valor transado es emitido por primera vez o mediante mercados secundarios, lo que implica la comercialización de un título adquirido previamente y mediante ofertas públicas y privadas.¹⁰

ii. Por los activos comerciados

Los mercados financieros que integran el sistema financiero de acuerdo a sus activos comerciados pueden ser:

a. Deuda

Es aquél donde se comercian los títulos conocidos de deuda, también llamados instrumentos de renta fija, ya que prometen al tenedor un flujo fijo de pagos que se determina de acuerdo con una fórmula específica conocida de antemano.

Los títulos que se comercializan en este mercado pueden clasificarse por:

1. *Plazo*: corto, mediano y largo.
2. *Emisor*: público y privado (empresas de iniciativa privada).

¹⁰ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

3. *Clasificación de riesgo*: con o sin grado de inversión.
4. *Tipo de tasa*: fija, variable, o indexada.
5. *Características legales*: pagarés, certificados bursátiles, entre otros.

b. Accionario

Es el mercado donde se comercian títulos accionarios, que son participaciones ordinarias o comunes del capital de la empresa. Los títulos que se comercializan en este mercado pueden clasificarse por:

1. *Emisor*: empresas privadas o sociedades de inversión.
2. *Tipo*: Preferentes o comunes.

c. Derivados

Es aquél a través del cual las partes celebran contratos con instrumentos cuyo valor depende o es contingente del valor de otro(s) activo(s), denominado(s) activo(s) subyacente(s). La función primordial del mercado de derivados consiste en proveer instrumentos financieros de cobertura o inversión que fomenten una adecuada administración de riesgos.¹¹

El mercado de derivados se divide en:

1. *Mercado Bursátil*: aquél en el que las transacciones se realizan en un lugar específico reconocido, con contratos (bolsa de derivados).
2. *Mercado Extrabursátil (OTC)*: aquél en el cual se pactan las operaciones directamente entre compradores y vendedores, sin que exista una contraparte central que disminuya el riesgo de crédito.

d. Cambiario

Lugar en que concurren oferentes y demandantes de monedas de curso extranjero. El volumen de transacciones con monedas extranjeras determina los precios diarios de

¹¹ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

unas monedas en función de otras, o el tipo de cambio con respecto a la moneda del país.¹²

1.3 Intermediarios Financieros

1.3.1 Instituciones Financieras

Las empresas financieras, llamadas popularmente *instituciones financieras*, proporcionan servicios relacionados a:

- Transformación de activos financieros.
- Intercambio de activos financieros en beneficio de sus clientes.
- Intercambio de activos financieros para sus propias cuentas.
- Asistencia en la creación de activos financieros de sus clientes y la venta de esos activos financieros a otros participantes del mercado.
- Proporcionar avisos de inversión a otros participantes del mercado.
- Administración de carteras de otros participantes del mercado.

1.3.1.1 Bancarias

Instituciones de Banca Múltiple

Las instituciones de banca múltiple son sociedades anónimas facultadas para realizar operaciones de captación de recursos del público a través de la creación de pasivos, para su colocación en el público.¹³

Sus servicios son conocidos como de banca y crédito. Estas instituciones se encuentran reguladas por la Ley de Instituciones de Crédito (LIC).

La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) se encarga de emitir reglas de carácter general, así como de supervisar a las instituciones de banca múltiple. Banco de México, por su parte, emite diversas disposiciones dirigidas a las instituciones de crédito.

¹² "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

¹³ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Instituciones de Banca de Desarrollo

Entidades de la Administración Pública Federal con personalidad jurídica y patrimonio propios conocidas como Sociedades Nacionales de Crédito, cuyo fin es el de soportar el desarrollo de diferentes sectores productivos del país conforme a los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo. Las Instituciones de Banca de Desarrollo son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y reguladas por la Ley de Instituciones de Crédito (LIC) y, en su caso, por sus leyes orgánicas.

1.3.1.2 Auxiliares de Crédito

Sociedades Financieras de Objeto Limitado (Sofoles)

Son Sociedades Anónimas facultadas por la Ley de Instituciones de Crédito para captar recursos públicos a través de la colocación de instrumentos inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, y otorgar créditos para una determinada actividad o sector. A partir del 18 de marzo de 2006 el otorgamiento de crédito, así como la celebración de arrendamiento o factoraje financiero, podrán realizarse en forma habitual y profesional por cualquier persona sin requerir autorización del Gobierno Federal para ello.¹⁴

Actualmente las Sofoles se clasifican, de acuerdo con el tipo de crédito que otorgan, en: hipotecarias, automotrices, agroindustriales, intermediarios o distribuidores, micro créditos, pymes y bienes de capital y transporte.

Las Sofoles son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).

Entidades de Ahorro y Crédito Popular

Sociedades cooperativas de ahorro y préstamos, o sociedades financieras populares, que tienen por objeto facilitar a sus miembros el acceso al crédito y fomentar el ahorro y el crédito popular, apoyar el financiamiento de micro, pequeñas y medianas empresas y en general propiciar la superación económica y social así como el bienestar de sus miembros y de las comunidades en que operan.

¹⁴ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Las entidades de ahorro y crédito popular pueden constituirse como sociedades anónimas o sociedades cooperativas, y se rigen por la Ley de Ahorro y Crédito Popular y son supervisadas y reguladas por la CNBV.

Instituciones de Fianzas

Son instituciones especializadas en realizar contratos a través de los cuales se comprometen a cumplir con una obligación monetaria, judicial o administrativa ante un tercero en caso de que el obligado original no lo hiciera. Las fianzas se clasifican en los siguientes ramos: fianzas de fidelidad, fianzas judiciales y fianzas generales o administrativas.

Las instituciones de fianzas son reguladas y supervisadas por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) y se rigen por lo dispuesto en la Ley Federal de Instituciones de Fianzas.¹⁵

Arrendadoras Financieras

Instituciones especializadas en la adquisición de determinados bienes concediendo su uso o goce temporal a una persona física o moral dentro de un plazo preestablecido, recibiendo como contraprestación una cantidad determinada. Al vencimiento del contrato las personas físicas o morales que han hecho uso o goce temporal de los bienes arrendados podrán:

- I. Comprar los bienes a un precio inferior a su valor de adquisición, que quedará fijado en el contrato. En caso de que no se haya fijado, el precio debe ser inferior al valor marcado a la fecha de compra, conforme a las bases que se establezcan en el contrato.
- II. Prorrogar el plazo para continuar con el uso o goce temporal, pagando una renta inferior a los pagos periódicos que venía haciendo, conforme a las bases que se establezcan en el contrato.
- III. Participar con la arrendadora financiera en el precio de la venta de los bienes a un tercero, en las proporciones y términos que se establezcan en el contrato.

Las arrendadoras son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito.

¹⁵ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Empresas de Factoraje

Son instituciones que adquieren derechos de crédito a favor de terceros a cambio de un precio determinado. Las Empresas de Factoraje Financiero pueden pactar la corresponsabilidad o no corresponsabilidad por el pago de los derechos de crédito transmitidos de quien vende dichos derechos.

Las empresas de factoraje financiero son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito.¹⁶

Almacenes Generales de Depósito

Instituciones que tienen por objeto la guarda, conservación, manejo y control de bienes bajo su custodia que se encuentren amparados por certificados de depósito y bonos de prenda.

Los Almacenes Generales de Depósito son supervisados por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito.

Casas de Cambio

Instituciones que tienen por objeto la compraventa habitual y profesional de divisas. Las casas de cambio son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito.

Uniones de Crédito

Sociedades anónimas de capital variable cuyo objetivo es facilitar a sus socios la obtención e inversión de recursos para soportar las actividades de producción y/o servicios que éstos lleven a cabo. Las uniones de crédito podrán operar únicamente en las ramas económicas en que se realicen las actividades de sus socios.¹⁷

¹⁶ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

¹⁷ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Estas instituciones se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito y son supervisadas y autorizadas para operar por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).

1.3.1.3 Bursátiles

Casas de Bolsa

Sociedades anónimas que realizan operaciones para intermediar la oferta y demanda de valores, administrar las carteras de valores propiedad de terceros. Estas sociedades están reguladas por la Ley del Mercado de Valores (LMV) y pueden realizar las operaciones establecidas en el artículo 22 de dicha Ley.

Las casas de bolsa son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).¹⁸

Sociedades de Inversión

Las sociedades de inversión tienen por objeto la adquisición y venta de activos de inversión, con recursos provenientes de la colocación de las acciones entre el público inversionista representativas de su capital social entre el público inversionista. Las acciones de estas sociedades son representativas de la cartera de valores de las mismas.

Las Sociedades de Inversión se rigen por la Ley de Sociedades de Inversión. Se clasifican en función de los tipos de instrumentos que manejan en:

- Sociedades de renta variable (también conocidas como comunes).
- Sociedades de Instrumentos de deuda.
- Sociedades de Inversión de capitales.
- Sociedades de Inversión de objeto limitado.

¹⁸ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

1.3.1.4 Pensiones

Administradoras de Fondos para el Retiro (Afores)

Son entidades financieras que se dedican de manera exclusiva, habitual y profesional a la administración de las cuentas individuales de los trabajadores y canalizan los recursos de las sub-cuentas que las integran en términos de lo establecido por las leyes de seguridad social, así como a administrar las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro.

Sociedades de Inversión Especializadas de Fondos para el Retiro (Siefores)

Son entidades financieras administradas y operadas por las Afores. Tienen por objeto exclusivo invertir los recursos provenientes de las cuentas individuales que perciban, en los términos establecidos por las leyes de seguridad social.

Tanto las Afores como las Siefores son supervisadas por la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) y reguladas por la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro.¹⁹

1.3.1.5 Seguros y Fianzas

Instituciones de seguros

Son instituciones que se obligan a resarcir un daño de manera directa o indirecta, entregando una cantidad de dinero en caso de que se presente un evento futuro e incierto, previsto por las partes, contra el pago de una cantidad de dinero llamada prima. Las operaciones de seguros se dividen en tres tipos: vida, daños o accidentes y enfermedades.

Las instituciones de seguros son supervisadas por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) y se rigen por lo dispuesto en la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (LGISMS).

¹⁹ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

1.3.2 Función de los Intermediarios Financieros

Los intermediarios financieros obtienen fondos emitiendo títulos financieros contra ellos mismos a los participantes del mercado e invirtiendo después en esos fondos. Las inversiones hechas por los intermediarios financieros, sus activos, pueden ser préstamos y/o valores. A estas inversiones se les menciona como *inversiones directas*. Los participantes del mercado que conservan los títulos financieros emitidos por los intermediarios financieros se dice que han hecho *inversiones indirectas*.²⁰

- Transformar bienes y recursos para facilitar la adquisición de bienes, servicios y productos financieros para los usuarios.
- Reducir costos de transacción.
- Diversificar riesgos y transformar plazos.
- Combatir la Información Asimétrica (función implícita).
- La intermediación *mejora* el bienestar social y es promotora del desarrollo.

1.4 Factores Determinantes de Activos y Tasas de Interés

1.4.1 Propiedad de los Activos Financieros.²¹

- Monetización: algunos activos financieros son empleados como medio de cambio o en el establecimiento de transacciones. Estos activos son llamados *dinero*.
- Divisibilidad y denominación: se relaciona con el tamaño mínimo al cual un activo financiero puede ser liquidado y cambiado a dinero. Entre menor es el tamaño, más divisible es el activo financiero.
- Flujo de efectivo: el rendimiento que el inversionista obtendrá si tiene un activo financiero depende de todas las distribuciones de efectivo que el activo financiero pagará a sus poseedores, incluyendo éste, los dividendos sobre acciones y los pagos por bonos al portador.

²⁰ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

²¹ Algunas de estas propiedades se tomaron de James Tobin, "Properties of Assets", manuscrito sin fecha, Yale University, New Haven.

- Periodo de vencimiento: es la longitud del periodo hasta que llega la fecha a la cual está programado hacer el último pago o a la que el propietario ha convenido pedir la liquidación.
- Convertibilidad: una propiedad importante de algunos activos es que son convertibles en otros activos. En algunos casos la conversión se efectúa dentro de una clase de activo, como cuando un bono es convertido en otro bono. En otras situaciones la conversión abarca varias clases.
- Divisas: a la luz de las tasas de cambio que flotan libremente, y que a veces son volátiles entre las principales divisas.
- Liquidez: puede depender no solo del activo financiero, sino también de la cantidad que uno desea vender o comprar. La liquidez está relacionada con si el mercado es amplio o reducido.
- Proyección de rendimientos: es una propiedad básica de los activos financieros y es un determinante principal de su valor. Sin importar que medida de volatilidad se use, ésta varía ampliamente entre activos financieros.²²
- Complejidad: algunos activos financieros son complejos en el sentido de que son combinaciones de dos o más activos más simples.
- Estatus fiscal: las reglamentaciones gubernamentales para gravar el ingreso por la propiedad o venta de activos financiero varía ampliamente y hasta erráticamente.

1.4.2 Principios de la Fijación de Precios de Activos Financieros

El principio fundamental de las finanzas es que el precio verdadero o correcto de un activo es igual al *valor presente* de todos los flujos de efectivo que el poseedor del activo espera recibir durante su vida.²³ Por lo general, el precio correcto de un activo financiero puede ser expresado de la manera siguiente:

$$P = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots \dots \dots \frac{CF_N}{(1+r)^N}$$

²² Las medidas de los apoderados para la volatilidad incluyen la desviación estándar de las ganancias esperadas o el rango dentro del cual se espera que caigan los resultados con alguna probabilidad indicada.

²³ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Donde:

P = el precio del activo financiero

CF_t = El flujo de efectivo en el año t ($t = 1, \dots, n$)

N = vencimiento del activo financiero

r = tasa de descuento adecuada

1.4.2.1 La Tasa de Descuento Adecuada

La tasa de descuento adecuada r , es el rendimiento que el mercado o el consenso de inversionistas requiere del activo.²⁴ Una expresión conveniente (pero aproximada) para la tasa de descuento adecuada es:

$$r = RR + IP + DP + MP + LP + EP$$

Donde:

RR ⇒ la tasa de interés real que es la recompensa por no consumir y por prestar a otros usuarios.

IP ⇒ la prima por inflación que es la compensación para la declinación esperada del poder de compra del dinero prestado a los prestatarios.

DP ⇒ la prima por riesgo de incumplimiento en el caso de un préstamo o bono o el riesgo de perder el principal de los demás activos.

MP ⇒ la prima por vencimiento que es la compensación por prestar dinero durante largos periodos.

LP ⇒ la prima de liquidez, que es la recompensa por invertir en un activo que tal vez no pueda ser convertido rápidamente en efectivo a un valor de mercado conveniente.

EP ⇒ la prima por riesgo de tasa de cambio, que es la recompensa por invertir en un activo que no es nominado en la divisa propia del inversionista.

²⁴ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

Obviamente, el precio de un activo esta inversamente relacionado con su tasa de descuento: si la tasa de descuento se eleva el precio baja, y si la tasa baja el precio aumenta.²⁵

1.4.2.2 Propiedades de los Precios y los Activos

Algunas de las propiedades de los activos financieros son: Primero, el precio de un activo financiero cambia conforme lo hace también la tasa de descuento adecuada r . El precio cambia en dirección opuesta al cambio de la tasa de descuento adecuada.

1.4.3 Volatilidad de Precios de los Activos Financieros

El principio fundamental es que el precio de un activo financiero cambie en dirección opuesta al cambio de la tasa de retorno requerida o también el *rendimiento requerido*. Este principio viene del hecho de que el precio de un activo financiero es igual al valor presente de su flujo de efectivo. Un aumento (decremento) en el rendimiento requerido por los inversionistas decrementa (incrementa) el valor presente del flujo de efectivo y por lo tanto, el precio de un activo financiero.

El efecto de vencimiento

El vencimiento de un activo es un factor que afecta su sensibilidad al precio en relación con un cambio en el rendimiento. La sensibilidad al precio de un bono ante un cambio en la tasa de descuento está relacionada positivamente con el vencimiento del bono.

El efecto del nivel de rendimiento

La implicación es que entre menor sea el nivel de rendimiento, mayor será la afectación que tenga un cambio en las tasas de interés sobre el precio de un activo financiero.

²⁵ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

1.4.3.1 Medición de la Sensibilidad del Precio con los Cambios en la Tasa de Interés: Duración.²⁶

Una forma muy útil para calcular la sensibilidad de precio aproximada de un activo, es simplemente examinar cómo cambia su precio si el rendimiento es aumentado o disminuido por una pequeña cantidad de puntos base. Puede ser usada la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Precio si el rendimiento es disminuido} - \text{Precio si el rendimiento es aumentado}}{\text{Precio inicial} \times (\text{rendimiento mayor} - \text{rendimiento menor})} \times 100$$

Por rendimiento mayor se entiende el rendimiento usado para determinar el precio si el rendimiento aumenta, y el rendimiento menor es el que es usado para determinar el precio si el rendimiento disminuye.

La duración está relacionada con la sensibilidad al precio de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Cambio porcentual aproximado del precio de un activo financiero} \\ &= -\text{Duración} \times (\text{Cambio de rendimiento en forma decimal}) \times 100 \end{aligned}$$

Se puede interpretar la duración de la manera siguiente: es el cambio porcentual aproximado en precio para un cambio de 100 puntos base en las tasas de interés alrededor del rendimiento prevaeciente. La duración da buena aproximación del cambio de precio para un pequeño cambio en el rendimiento del orden de 50 puntos base en ambas direcciones. Entre mayor sea el cambio de rendimiento, más eficiente será la aproximación que proporcione la duración.²⁷

²⁶ El término duración se utilizó por primera vez en 1938 por Frederic R. Macaulay como medida de promedio ponderado del plazo de vencimiento de un bono (Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields, and Stock Prices in the United States Since 1865, Nueva York: National Bureau of Economic Research, 1938). Puede mostrarse que la medida que desarrolló Macaulay está relacionada con la sensibilidad del precio de un bono. Desafortunadamente, demasiados participantes del mercado interpretan la duración como medida de la vida promedio en vez de medida de sensibilidad al precio. La fórmula usada anteriormente para medir la duración, se aproxima a la duración actual de un bono, y es más útil en el sentido de que permite la medición de la duración para cualquier activo financiero y no solamente para un bono.

²⁷ "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", García 2007.

1.4.3.2 Teorías de las Tasas de Interés

Una tasa de interés es el precio pagado por un “prestatario” (o “deudor”) a un “prestamista” (o “acreedor”) por el uso de recursos durante algún tiempo. La cantidad del préstamo es el principal, y el precio pagado es un porcentaje del principal por unidad de tiempo.

Enfoque principal de Fisher

Irving Fisher analizó la determinación del nivel de la tasa de interés en una economía preguntando por qué ahorra la gente (esto es, porque no consumen todos los recursos) y el por qué otros piden prestado.²⁸

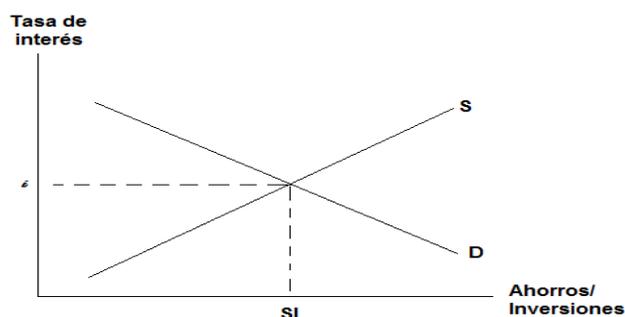
Decisiones sobre ahorro y préstamo

Una influencia principal en la decisión del ahorro es la tasa marginal de preferencia en el tiempo del individuo, que es el deseo de cambiar algo del consumo actual para un mayor consumo futuro.

Otra influencia de la decisión de ahorro es el *ingreso*. Un ingreso mayor actual significa que la persona ahorrara más, aunque gente con el mismo ingreso puede tener preferencias de tiempo diferentes. La tercera variable que afecta el ahorro es la *recompensa por ahorrar*, o la tasa de interés sobre los préstamos que los ahorradores hacen con su ingreso no consumido. El interés es lo que los prestatarios pagan por los préstamos, y es lo que hace posible el mayor consumo futuro.

Figura 1

Equilibrio en el Mercado por Ahorros



Fuente: Irving Fisher, “The Theory of Interest Rates”.

²⁸ Irving Fisher, *The Theory of Interest Rates* (Nueva York: Macmillan, 1930).

La figura 1 muestra que en la tasa de interés de equilibrio, denominada i , se da en la interacción de las curvas de demanda y oferta, D y S . El nivel de equilibrio de los ahorros (que es el mismo del nivel del equilibrio de los préstamos e inversiones, se da en SI). La teoría de Fisher enfatiza que el nivel a largo plazo de la tasa de interés y la cantidad de inversión depende de la tendencia de la sociedad a ahorrar y del desarrollo tecnológico.²⁹

Equilibrio de mercado

La tasa de interés de equilibrio es determinada por la interacción de las funciones de oferta y demanda. Como costo de recibir prestado y recompensa por prestar, la tasa debe alcanzar un punto donde la oferta total de ahorros iguale a la demanda total de préstamos e inversiones.

Tasa real y tasa nominal

La *tasa real* es el crecimiento en el poder de consumo a través de la vida del préstamo.

La *tasa de interés nominal* es la cantidad de unidades monetarias a ser pagadas por unidad prestada y es de hecho, la tasa de mercado observable de un préstamo. En ausencia de inflación, la tasa nominal es igual a la tasa real.

En presencia de inflación la tasa nominal es diferente y debe exceder a la tasa real. La razón es que los ahorradores demandan una prima por arriba de la tasa real como compensación por la pérdida esperada del poder de compra de sus intereses y del principal. La relación entre la inflación y la tasa de interés es la conocida como *Ley de Fisher*, que puede ser expresada de la siguiente forma:

$$(1 + i) = (1 + r) \times (1 + p)$$

Donde i es la tasa nominal, r es la tasa real y p es el cambio porcentual esperado en el nivel de precios de los bienes y servicios a lo largo de la vida del préstamo.

²⁹ Irving Fisher, *The Theory of Interest Rates* (Nueva York: Macmillan, 1930).

1.4.3.3 Teoría de los Fondos Susceptibles de Concederse en Préstamo

La teoría de las tasas de interés sobre los fondos prestados propone que el nivel general de las tasas de interés está determinado por la interacción compleja de dos fuerzas.³⁰

La primera es la demanda total de fondos que hacen las empresas, gobiernos y particulares (o individuos) que realizan una diversidad de actividades económicas con esos fondos. Esta demanda está relacionada negativamente con la tasa de interés. La segunda fuerza que afecta el nivel de la tasa de interés es la oferta total de fondos por las empresas, gobiernos, bancos e individuos. La oferta está relacionada positivamente con el nivel de las tasas de interés si todos los demás factores económicos permanecen iguales. Con tasa a la alza, las empresas e individuos ahorran y prestan más, y los bancos están más deseosos para dar créditos.

1.4.3.4 Teoría de la Preferencia de la Liquidez

La teoría de la preferencia de la liquidez, desarrolla originalmente por John Maynard Keynes,³¹ analiza el nivel de equilibrio de la tasa de interés mediante la interacción de la oferta de dinero y la demanda agregada pública para la tendencia de dinero. Keynes supone que la mayoría de la gente acumulará riqueza solamente de dos maneras: con “dinero” y “bonos”. Para Keynes el dinero es equivalente al efectivo y a los depósitos de demanda, que pagan poco interés o son liquidados y pueden ser usados para transacciones inmediatas.

Los bonos representan una amplia categoría *keynesiana*, e incluso los activos financieros que pagan intereses a largo plazo que no son liquidados y que plantean algún riesgo, debido a que sus precios varían inversamente con el nivel de la tasa de interés.

³⁰ Irving Fisher, *The Theory of Interest Rates* (Nueva York: Macmillan, 1930).

³¹ John Maynard Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money* (Nueva York: Harcourt, Brace & World, 1936).

Demanda, oferta y equilibrio.

La demanda de dinero es una función negativa de la tasa de interés. Para Keynes la oferta de dinero se encuentra completamente bajo el control del banco central. La oferta de dinero no se ve afectada por el nivel de las tasas de interés.

Cambios en la tasa de interés.

La tasa de interés de equilibrio puede cambiar si hay un cambio en cualquier variable que afecte las curvas de oferta o demanda.

Por el lado de la demanda, Keynes reconoce la importancia de dos de estas variables: el nivel de ingreso y el nivel de precio de bienes y servicios. Keynes piensa que un aumento en la oferta de dinero podría, por el desplazamiento de la curva de oferta hacia la derecha, lograr un abaja en la tasa de intereses de equilibrio. En forma similar, razona que una reducción en la oferta de dinero podría elevar las tasas.³²

Cambios en la disponibilidad de dinero y tasas de interés

Un cambio en la oferta de dinero tiene tres efectos diferentes sobre el nivel de la tasa de interés: el “efecto de liquidez”, el “efecto de ingreso” y el “efecto de expectativa de precio”.

1.5 Mercado de Instrumentos Derivados

1.5.1 Mercado de Futuros Financieros

Un contrato de futuros es un acuerdo legal corporativo entre un comprador y un vendedor en el cual:

- 1.- El comprador acuerda aceptar la entrega de algo a un precio especificado al final de un periodo designado.
- 2.- El vendedor acuerda hacer la entrega de algo a un precio especificado al final de un periodo designado.

El precio al cual las partes acuerdan negociar en el futuro es llamado *precio de futuros*. La fecha designada en la cual las partes acuerdan negociar es la *fecha establecida o*

³² John Maynard Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money* (Nueva York: Harcourt, Brace & World, 1936).

fecha de entrega. Ese “algo” que las partes acuerdan en el intercambio es llamado *sustentante*.

Cuando un inversionista toma una posición en el mercado al comprar un contrato de futuros, se dice que el inversionista está en una *posición en largo*, o que tiene *futuros en largo*. Si en vez de esto, la posición abierta del inversionista es la venta de un contrato de futuros, se dice que el inversionista está en *una posición en corto* o *tiene futuros en corto*.³³

Liquidación de una posición.

La mayoría de los contratos financieros de futuros tienen fechas de liquidación en los meses de marzo, junio, septiembre o diciembre. El contrato con la fecha de liquidación más cercana es el *contrato cercano de futuros*. El contrato siguiente de futuros, es aquel que se liquida justo después del contrato cercano. El contrato más lejano en tiempo de la liquidación es *el contrato de futuros más distante*. Para algunos contratos de futuros la liquidación es hecha solamente en efectivo. Tales contratos son los *contratos de liquidación en efectivo*.³⁴

1.5.2 Mercado de Opciones

Contratos de opciones

Existen dos partes en un contrato de opciones: el comprador y el escritor (también llamado vendedor). En un contrato de opciones, el escritor de la opción otorga al comprador de la acción el derecho más no la obligación de comprar o vender al escritor algo a una fecha especificada en un periodo especificado. El escritor otorga este derecho al comprador a cambio de cierta cantidad de dinero, el cual es llamado el precio de opción o la prima de opción. El precio al cual es sustentante puede ser vendido o comprado se llama *precio ejercido* o *el precio strike*. La fecha después de la cual una opción es inválida se llama *fecha de expiración* o *fecha de vencimiento*.

Cuando una opción otorga al comprador el derecho a comprar el sustentante al escritor (vendedor), esta es llamada como una *opción de compra* o simplemente una *compra*.

³³ John Maynard Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money* (Nueva York: Harcourt, Brace & World, 1936).

³⁴ John Maynard Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money* (Nueva York: Harcourt, Brace & World, 1936).

Cuando un comprador de la opción tiene el derecho a vender el sustentante al escritor, la opción es una *opción de venta* o *una venta*.

Existen opciones que pueden ser ejercidas en cualquier momento e incluyen la fecha de vencimiento. Tales opciones son las *opciones americanas*. Otras opciones pueden ejercerse solamente en la fecha de vencimiento, y son llamadas *acciones europeas*.

Las opciones como cualquier otro instrumento financiero pueden ser comerciadas en una casa de bolsa organizada o en el mercado de mostrador. Una casa de bolsa que quiera crear un contrato de opciones debe tener la aprobación del Commodity Futures Trading Commission o de la Securities and Exchange Commission.³⁵

Las opciones comerciadas en casa de bolsa tienen tres ventajas. La primera es la estandarización del precio ejercido, la cantidad del sustentante, y la fecha de expiración del contrato. Segundo, el enlace directo entre el comprador y el vendedor es roto después de que la orden es ejecutada, debido a la intercambiabilidad de las opciones comerciales en la casa de bolsa. Finalmente, los costos de transacción son más bajos para las opciones comerciadas en casas de bolsa que para las opciones en el OTC.

1.6 Organismos Reguladores del Sistema Financiero Mexicano

1.6.1 Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es la dependencia del Poder Ejecutivo Federal que representa la máxima autoridad en el Sistema Financiero Mexicano. La SHCP se encarga de planear y delinear el Sistema Financiero mediante el otorgamiento y revocación de autorizaciones para la constitución de diversos intermediarios financieros.³⁶

Algunas de sus funciones son:

- Otorgamiento o anulación de autorizaciones para la constitución, organización u operación de las instituciones que proporcionan servicios financieros.
- Autorización de fusión o separación de dos o más instituciones financieras.
- Instrumentación del funcionamiento de las instituciones que conforman el Sistema Financiero Mexicano.

³⁵ Por un acuerdo entre el CFTC y el SEC y de acuerdo con el acta del Congreso las opciones sobre futuros están reglamentadas por el anterior.

³⁶ "Marco Legal y Normativo del Sistema Financiero Mexicano", De Alba, J., 2005

1.6.2 Banco de México

El Banco de México es el banco central del Estado Mexicano; constitucionalmente autónomo en sus funciones y administración, su finalidad principal es proveer a la economía del país de moneda nacional, y tiene como objetivo principal procurar la estabilidad del poder adquisitivo del peso.

Adicionalmente, se encarga de promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.³⁷

Dentro de sus funciones destacan:

- Regular la emisión y circulación de la moneda, los cambios, la intermediación y los servicios financieros, así como los sistemas de pago.
- Funge como cámara de compensación entre las instituciones de crédito, así como banco de reserva.
- Participa en el Fondo Monetario Internacional.
- Actúa como agente en la colocación de Certificados de la Tesorería (CETES).

1.6.3 Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV)

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

La CNBV supervisa y regula, en el ámbito de su competencia, a las entidades financieras, para procurar su estabilidad y correcto funcionamiento, así como mantiene y fomenta el sano desarrollo del sistema financiero en su conjunto, siempre procurando la protección de los intereses del público.

También es su objetivo supervisar y regular a las personas físicas y demás personas morales cuando realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero.³⁸

³⁷ "El Nuevo Sistema Financiero Mexicano", Villegas, E., Ortega, R., 2002

³⁸ <http://www.cnbv.gob.mx>

1.6.4 Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR)

La Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que tiene por objeto proteger los intereses de los trabajadores asegurando una administración eficiente y transparente de su ahorro, que favorezca un retiro digno y coadyuve al desarrollo económico del país.

La CONSAR se rige por lo dispuesto en la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro.³⁹

1.6.5 Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF)

La Comisión Nacional para la 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 productos o servicios financieros ofrecidos por las instituciones financieras que operan dentro del territorio nacional.

Adicionalmente, tienen como propósito fomentar entre los usuarios una cultura adecuada respecto de las operaciones y servicios financieros. La CONDUSEF se rige por lo dispuesto en la Ley de Protección y Defensa al Usuario de Servicios Financieros.

1.6.6 Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB)

El Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB) es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creado con fundamento en la Ley de Protección al Ahorro Bancario.⁴⁰ De acuerdo con esta Ley, publicada en el Diario Oficial el 19 de enero de 1999, que tiene como objetivo principal establecer un sistema de protección al ahorro bancario, el IPAB debe concluir los procesos de saneamiento de instituciones bancarias, así como administrar y vender los

³⁹ <http://www.consar.gob.mx>

⁴⁰ www.banxico.gob

bienes a su cargo para obtener el máximo valor posible de recuperación (carteras de crédito recuperadas para su saneamiento).

Su prioridad es proteger los depósitos bancarios del pequeño ahorrador en México y de este modo contribuir a preservar la estabilidad del sistema financiero y el buen funcionamiento de los sistemas de pago.

1.6.7 Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)

La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) cuya función es supervisar que la operación de los sectores asegurador y afianzador se apege al marco normativo, preservando la solvencia y estabilidad financiera de las instituciones para garantizar los intereses del público usuario.⁴¹

La CNSF se rige por lo dispuesto en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros, la Ley Federal de Instituciones de Fianzas y su propio Reglamento Interior.

1.7 Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC)

Es el principal indicador de la Bolsa Mexicana de Valores, muestra la evolución del mercado accionario en su conjunto. Se calcula en función de las variaciones de precios de una selección de acciones, llamada muestra, balanceada, ponderada y representativa de todas las acciones cotizadas en la BMV.⁴²

El IPC refleja la tendencia general de las variaciones de precios de todas las emisoras y series cotizadas en la Bolsa, generadas por las operaciones de compra venta de cada sesión de remates, expresando la situación del mercado bursátil y su dinamismo operativo.

El principal objetivo del IPC, es constituirse como un indicador altamente representativo y confiable del Mercado Accionario Mexicano.

⁴¹ "El Nuevo Sistema Financiero Mexicano", Villegas, E., Ortega, R., 2002

⁴² "Instituciones Financieras". Dieck 2004.

1.7.1 Metodología

El IPC es un índice ponderado por valor de capitalización. Su base es 0.78, en 30 de octubre de 1978.⁴³

Y la fórmula para obtenerlo es:

$$\frac{\sum P_{it} * Q_{it}}{\sum P_{it-1} * Q_{it-1} * F_{it}}$$

Donde:

it = índice en el tiempo *t*

P_{it} = precio de la emisora *i* en el día *t*

Q_{it} = acciones de la emisora *i* en el día

F_i = factor de ajuste por ex - derechos

i = 1,2,3, ..., *n*

Conclusión del Capítulo

En este primer capítulo se llevó a cabo una investigación documental a fondo, sobre el Sistema Financiero Mexicano, sus componentes, los mercados financieros; así como sus generalidades y los principales instrumentos que en él se cotizan. Esto con la finalidad de dar a conocer sus características ya que son la base principal para la elaboración del portafolio de inversión.

⁴³ www.bmv.com.mx

Capítulo II. Teoría de Portafolios de Inversión

Objetivo del Capítulo

Conocer las herramientas teórico – prácticas para el correcto análisis y comparación de las Metodologías Monte Carlo y Markowitz, mediante la Administración del Riesgo y la Teoría del Portafolios.

2.1 Riesgo

La palabra riesgo proviene del latín “risicare” que significa “atreverse”. En realidad tiene un significado negativo, relacionado con el peligro, daño, siniestro o pérdida. Sin embargo, el riesgo es parte inevitable de los procesos de toma de decisiones en general y de los procesos de inversión en particular. El beneficio que se pueda obtener por cualquier decisión o acción que se adopte, debe asociarse necesariamente con el riesgo inherente a dicha decisión o acción.⁴⁴

2.1.2 Definición

Riesgo: El riesgo es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros, ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio; a mayor incertidumbre mayor riesgo.

En finanzas, el concepto de riesgo está relacionado con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades financieras.

⁴⁴ “Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”, Jorion, P., 2004.

2.2 Tipos de Riesgo

Existen diferentes naturalezas de riesgos, las cuales se pueden clasificar en las siguientes categorías:

2.2.1 Riesgo Sistemático

También conocido como no diversificable, denotado por B . Es aquel riesgo que no puede ser mitigado aunque se diversifique el portafolio.

El coeficiente B indica la cantidad de riesgo sistemático que tiene un determinado activo en relación con un activo promedio. Por definición un activo promedio tiene $B=1$ en relación consigo mismo.

El rendimiento esperado depende únicamente del riesgo sistemático, así los activos con B mayores tendrán rendimientos (perdidas) mayores. La B es lineal, es decir, la B del portafolio es la suma del producto de las B de cada activo con el respectivo peso dentro del mismo.⁴⁵

2.2.2 Riesgo No Sistemático

Este tipo de riesgo se puede mitigar o reducir mediante la diversificación del número de títulos en el portafolio. Por ello también se le conoce como Riesgo Diversificable.⁴⁶

2.2.3 Riesgo Financiero

El riesgo financiero está relacionado con las posibles pérdidas en los mercados financieros. Los movimientos en las variables financieras, tales como las tasas de

⁴⁵ "Fundamentos de Finanzas Corporativas, Madrid" Ross, S., Westerfield, R., Jordan, B., 1997.

⁴⁶ "La Selección de Carteras", Markowitz, 1959.

interés y los tipos de cambio, constituyen una fuente importante de riesgos para la mayoría de las empresas.⁴⁷

2.2.3.1 Riesgo de Mercado

El riesgo de mercado es la pérdida potencial en el valor de los activos financieros debido a movimientos adversos en los factores que determinan su precio, también conocidos como factores de riesgo; por ejemplo: las tasas de interés o el tipo de cambio.

Este riesgo puede ser Absoluto, medido en la pérdida de unidades monetarias, o Relativo, medido con base en la desviación de un índice base.

2.2.3.2 Riesgo de Crédito

Se define como la pérdida potencial del producto del incumplimiento de la contraparte en una operación que incluye un compromiso de pago.⁴⁸

Elementos de medición del riesgo de crédito.

Los factores que se deben tomar en cuenta al medir riesgo de crédito son: las probabilidades de incumplimiento y/o de migración en la calidad crediticia del deudor, las correlaciones entre incumplimientos, la concentración de la cartera, la exposición a cada deudor y la tasa de recuperación en caso de incumplimiento de los deudores.

2.2.3.3 Riesgo de Liquidez

Se refiere a las posibles distorsiones en el precio debidas a una falta de liquidez. Dicho riesgo puede ser difícil de cuantificar y puede variar de acuerdo con las condiciones del mercado. Los riesgos de liquidez asumen dos formas:

⁴⁷ "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", Jorion, P., 2004.

⁴⁸ "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", Jorion, P., 2004.

Liquidez mercado/producto: Se presenta cuando una transacción no puede ser conducida a los precios prevalentes en el mercado debido a una baja operatividad en el mercado. Puede administrarse fijando límites en ciertos mercados o productos a través de la diversificación.

Flujo de efectivo/financiamiento: Se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivos necesarios, lo cual puede forzar a una liquidación anticipada, transformando en consecuencia las pérdidas en “papel” en pérdidas realizadas.

2.2.3.4 Riesgo Legal

El riesgo legal se refiere a la pérdida que se sufre en caso de que exista incumplimiento de una contraparte y no se pueda exigir, por la vía jurídica, cumplir con los compromisos de pago. Se refiere a operaciones que tengan algún error de interpretación jurídica o alguna omisión en la documentación.⁴⁹

2.2.3.5 Riesgo Operacional

El riesgo operativo se asocia con fallas en los sistemas, procedimientos, en los modelos o en las personas que manejan dichos sistemas. También se relaciona con pérdidas por fraudes o falta de capacitación de algún empleado en la organización.

Asimismo, este tipo de riesgo se atribuye a las pérdidas en que puede incurrir una empresa o institución por la eventual renuncia de algún empleado o funcionario, quien durante el periodo en que laboró en dicha empresa concentró todo el conocimiento especializado en algún proceso calve.⁵⁰

⁴⁹ "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", Jorion, P., 2004.

⁵⁰ "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", Jorion, P., 2004.

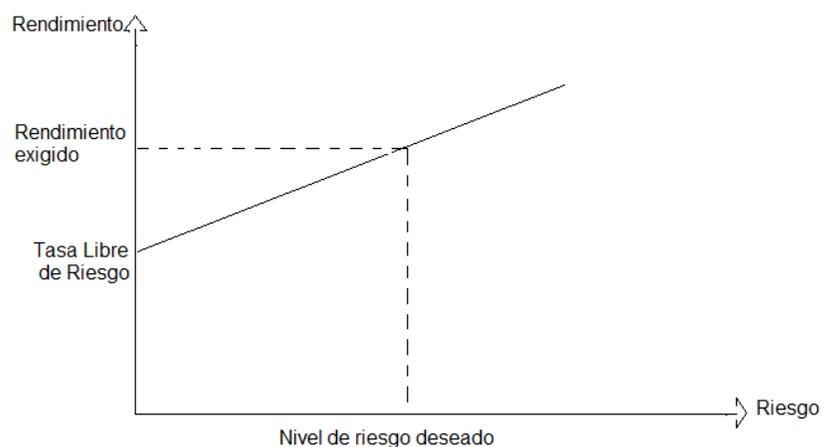
2.2.3.6 Riesgo de Reputación

El riesgo de reputación es el relativo a las pérdidas que podrían resultar como consecuencia de no concretar oportunidades de negocio atribuibles a un desprestigio de una institución por falta de capacitación del personal clave, fraude o errores en la ejecución de alguna operación. Si el mercado percibe que la institución comete errores en algún proceso clave de la operación, es lógico que los clientes consideraran eventualmente cambiar de institución.

2.3 Rendimiento

Existen dos variables básicas que es preciso entender y saber calcular apropiadamente para tomar decisiones de inversión: el rendimiento y el riesgo. En la medida en que una inversión es más riesgosa, debe exigírsele un mayor rendimiento.⁵¹

Figura 2
Rendimiento



Fuente: Alfonso de Lara Haro. "Medición y Control de riesgos financieros".

El rendimiento de un activo o portafolios es el cambio de valor que registra en un periodo con respecto a su valor inicial.

⁵¹ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

$$K_i = \frac{\Delta Valor}{Valor_{inicial}} = \frac{Valor_{final} - Valor_{inicial}}{Valor_{inicial}}$$

El *rendimiento con base a la información de precios históricos* de una acción también se puede definir en función del logaritmo de la razón de rendimientos como sigue:⁵²

$$K_i = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad \text{o} \quad K_{it} = \left(\frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}\right) * 100$$

El *rendimiento de un portafolio* se define como la suma ponderada de los rendimientos individuales de los activos que componen el portafolio, por el peso que tienen dichos activos en el portafolio:

$$E(K_p) = \sum_{i=1}^n (W_i)(E(k_i))$$

Donde:

$E(K_p)$ = *tasa de rendimiento esperada del portafolio, es la ganancia total que se espera obtener al finalizar la inversión*

W_i = *fracción de capital invertido en el activo i para el portafolio*

$E(k_i)$ = *rendimiento esperado del i – esimo activo*

n = *número de activos en el portafolio*

El *rendimiento promedio* se define como la suma de los rendimientos de cada uno de los activos, entre el número de activos:⁵³

$$K_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}$$

El *rendimiento anualizado* se define como:

⁵² "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

⁵³ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

$$K_{annual} = (1 + K_n)^n - 1$$

2.4 Medición del Riesgo

Una distribución de frecuencias muestra la manera como los rendimientos de algún activo o portafolios de activos se han comportado en el pasado.⁵⁴ Cuando esta distribución se grafica (histograma de frecuencias) asume una figura en particular. Los pasos principales para construir una distribución de frecuencias son los siguientes:

- a) Determinar las observaciones de mínimo y máximo valor en la serie de tiempo.
- b) Elegir un número de subintervalos de igual magnitud que cubra desde el mínimo hasta el máximo valor. Éstos son los rangos o clases.
- c) Contar el número de observaciones que pertenecen a cada rango o intervalo. Esta es la frecuencia por clase.
- d) Determinar la frecuencia relativa mediante la división entre la frecuencia por clase y el número de observaciones. Es decir, la frecuencia relativa es una fracción de las observaciones que pertenecen a cada clase.

2.5 Varianza

La varianza para un par de activos es la siguiente.⁵⁵

$$\sigma_p^2 = m_1\sigma_1^2 + m_2\sigma_2^2 + 2m_1m_2Cov_{12}$$

Donde:

$$\sigma_p^2 = \text{varianza del portafolio}$$

$m_1, m_2 =$ porción invertida en el activo 1 y 2 respectivamente

$\sigma_1^2, \sigma_2^2 =$ varianza del activo 1 y 2 respectivamente

⁵⁴ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

⁵⁵ Villareal Samaniego Jesús Dacio, 2008, "Administración Financiera II", 73.

Cov_{12} = covarianza de los activos 1 y 2

En términos generales la varianza del portafolio es:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_i m_j \sigma_{ij}$$

La varianza del activo se calcula:

$$\sigma_X^2 = \sum_{i=1}^n (P_i) (k_i - E(k_X))^2$$

Donde:

σ_X^2 = varianza de los activos X

$E(k_X)$ = rendimiento esperado del activo X

k_{Xi} = rendimiento que proporcionaría el activo bajo el escenario i

P_i = probabilidad de ocurrencia del escenario i

Para la *desviación estándar* (σ_p), se tendrá que aplicar raíz cuadrada. La desviación estándar es una medida estadística de dispersión de datos, ésta nos dice que tan dispersos se encuentran los valores obtenidos con respecto al valor promedio esperado, por lo tanto; un valor mayor de desviación estándar representará un mayor riesgo al que se esté sometiendo el capital de la inversión.

2.6 Covarianza

Es una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias describiendo el movimiento conjunto entre estas. Dichas variables pueden ser los rendimientos de un portafolio.⁵⁶

La covarianza se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Cov_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [k_i - k][k_j - E(k_j)] \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

⁵⁶ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

La covarianza de dos acciones X y Y:

$$Cov_{XY} = \sum_{i=1}^n [k_{Xi} - E(k_X)][k_{Yi} - E(k_Y)]P_i$$

Donde:

Cov_{XY}

= covarianza de los rendimientos del activo X, con respecto a los rendimientos del activo Y (y viceversa)

$k_{Xi} - E(k_X)$

= desviación del rendimiento de la acción X respecto a su valor esperado para cada observación

$k_{Yi} - E(k_Y)$

= desviación del rendimiento de la acción Y respecto a su valor esperado para cada observación

P_i = probabilidad de ocurrencia del escenario i

2.7 Correlación

Debido a la dificultad para interpretar la magnitud de la covarianza, suele utilizarse la correlación para medir el grado de movimiento conjunto entre dos variables o la relación lineal entre ambas.⁵⁷ La correlación se encuentra entre $(-1 \leq \rho \leq 1)$ se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Corr_{XY} = \rho_{XY} = \frac{Cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Donde:

ρ_{XY} = correlación entre los rendimientos del activo X y Y

Cov_{XY} = covarianza de los rendimientos del activo X con respecto al activo Y

σ_X = desviación estandar de los rendimientos del activo X

σ_Y = desviación estandar de los rendimientos del activo Y

El coeficiente de correlación de Pearson se calcula en función de los rendimientos observados de la siguiente manera:

⁵⁷ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011

$$\text{Corr}(x_i, y_j) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x) (x_y - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (x_y - \mu_y)^2}}$$

El signo positivo en el coeficiente de correlación significa que las dos variables se mueven en la misma dirección, mientras más cercano a la unidad, mayor será el grado de dependencia mutua. El signo negativo indica que las dos variables se mueven en sentidos opuestos. Asimismo, mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación, mayor será el grado de independencia de las variables.

2.8 Volatilidad

La volatilidad es la variable más importante para determinar el valor en riesgo (VaR) de un portafolio de activos. Existen muchas variables para determinar esta variable.

La *volatilidad* es la desviación estándar (o la raíz cuadrada de la varianza) de los rendimientos de un activo o un portafolio.⁵⁸ Es un indicador fundamental para la cuantificación de riesgos de mercado porque representa una medida de dispersión de los rendimientos con respecto a al promedio o la medida de los mismos en un periodo determinado.

La mayor parte de los rendimientos se sitúan alrededor de un punto (generalmente el promedio de los rendimientos) y poco a poco se van dispersando hacia las colas de la curva de distribución normal. Esta es la medida de volatilidad.

2.9 Portafolios de Inversión

Se entiende por portafolio de inversión a la selección de valores que un inversionista posee y que cotizan en el mercado de valores. Un portafolio puede caracterizarse por posiciones sobre un cierto número de factores de riesgo. Una vez que se determina la

⁵⁸ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

descomposición, el rendimiento del portafolio es una combinación lineal de los rendimientos de los activos subyacentes, donde las ponderaciones se determinan por los montos relativos invertidos al inicio del periodo.⁵⁹

2.9.1 Optimización de Portafolios

Los portafolios eficientes, son aquellos que ofrecen mayor rendimiento posible para un grado específico de riesgo o que ofrecen el menor riesgo posible para un rendimiento determinado.

La optimización de un portafolio se hace en un proceso de dos pasos:

- 1) Hallar la combinación óptima de activos riesgosos.
- 2) Combinar este portafolio óptimo de activos riesgosos con un activo sin riesgo.

La cartera de un solo activo riesgoso se compone de varios activos riesgosos elegidos de una manera óptima.

En la teoría de la selección del portafolio el activo sin riesgo se define como un valor que ofrece una tasa de rendimiento perfectamente predecible en términos de la unidad de cuenta seleccionada para el análisis y la duración del horizonte del inversionista.⁶⁰

2.9.1.1 Cálculo de la Frontera Eficiente

En la frontera eficiente están situadas las mejores rentabilidades para un riesgo determinado, clasificadas de la forma que a mayor riesgo corresponde una mayor rentabilidad.

Según el grado de aversión al riesgo, el inversor se situará de forma razonable en uno u otro punto de la línea de la frontera eficiente. Cualquier otro punto sería irracional, es decir; se estaría sujetando la inversión a un beneficio menor y un riesgo superior.

⁵⁹ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011

⁶⁰ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

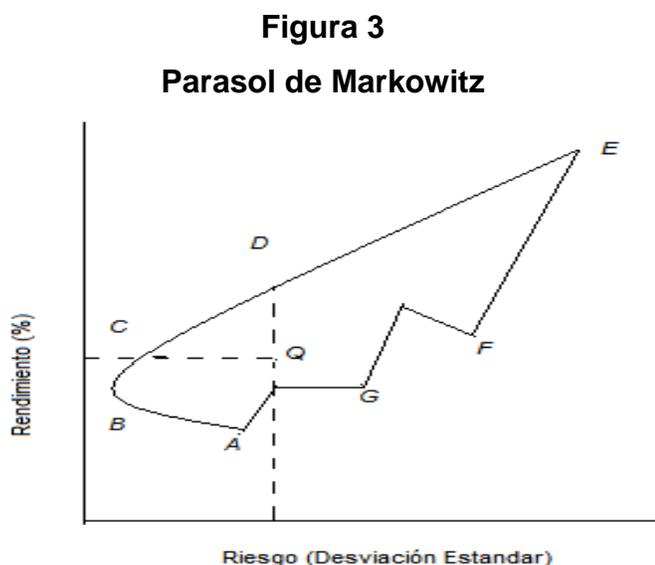
Es por lo tanto que una frontera eficiente define a los portafolios factibles o eficientes que cumplen con el requisito de maximizar retorno para todo nivel de riesgo.

La *frontera eficiente* incluye aquellas ponderaciones w_i de los distintos activos i que cumplan con las condiciones de maximización de retornos para cada nivel de riesgo, obedeciendo a que $\sum_{i=1}^n w_i = 100\%$.

La siguiente grafica muestra el “*Parasol de Markowitz*”, ésta muestra en conjunto variables de oportunidad de inversión característico para un mercado.

En la gráfica se observa que los portafolios que dan más rendimiento en relación al riesgo son B, C, D, E , por lo que la curva formada por estos portafolios toma el nombre de frontera eficiente.⁶¹

Se puede apreciar que el portafolio Q está dominado por el portafolio D debido a que este ofrece un rendimiento mayor para el mismo grado de riesgo, y por el portafolio C , ya que éste ofrece un menor riesgo para el mismo nivel de rendimiento. Ningún portafolio que no se encuentre sobre la frontera eficiente domina a los que sí están.⁶²



Fuente: Villareal Samaniego Jesús Dacio, Administración Financiera II, 2008.

⁶¹ *Medición y Control de riesgos financieros*, Alfonso de Lara Haro., 2011.

⁶² Jorion, Philippe *Value at Risk*. Ed. Irwin, 1997.

2.9.1.2 Diversificación

La diversificación le permite al inversionista disminuir el riesgo de su portafolio sin sacrificar rendimientos o alternativamente aumentar el rendimiento de su inversión sin aumentar el riesgo de su portafolio. Se puede diversificar invirtiendo en un número considerable de compañías homólogas (mismo sector), sectores complementarios o bien sectores completamente diferentes.

Markowitz centro su atención en la diversificación de carteras y mostro como un inversor puede disminuir el riesgo de una cartera eligiendo valores cuyas oscilaciones no sean paralelas, de manera que si algunos activos experimentan bajas en sus precios, se vean compensados por otras que aumenten su valor. Esto debido a las sensibilidades opuestas ante determinados factores macroeconómicos.⁶³

2.10 Modelo de Markowitz

El modelo de Markowitz ha sido un referente teórico en la selección de portafolios de valores, dando lugar a múltiples desarrollos y derivaciones. En el campo de la teoría de la selección de portafolios, ocupa un lugar destacado Harry Markowitz, que en 1952 publicó en la revista *Journal of Finance* un artículo basado en su tesis doctoral y titulado "Portfolio Selection". En dicho artículo planteaba un modelo de conducta racional del decisor para la selección de portafolios de valores con liquidez inmediata.⁶⁴

Markowitz desarrolla su modelo sobre la base del comportamiento racional del inversor. Es decir, el inversor desea la rentabilidad y rechaza el riesgo. Por lo tanto, para él una cartera será eficiente si proporciona la máxima rentabilidad posible para un riesgo dado, o de forma equivalente, si presenta el menor riesgo posible para un nivel determinado de rentabilidad. Al conjunto de combinaciones riesgo-rendimiento de todas las carteras eficientes se le llama "*frontera eficiente*". Cuando el inversor conoce esta frontera puede

⁶³ Belén Collatti María, 2002, "Teoría de Carteras", 2.

⁶⁴ "Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

elegir su cartera óptima de acuerdo con sus preferencias respecto al riesgo-
rendimiento.⁶⁵

Para encontrar la frontera eficiente de portafolios o parasol de Markowitz, existen dos
alternativas; encontrarla respecto a maximizar el rendimiento a un nivel de riesgo dado
o minimizar el riesgo a un nivel de rendimiento dado.⁶⁶

Para maximizar el rendimiento es necesario resolver la siguiente función:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n (W_i)(E(k_i)) \text{ sujeto a: } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \text{Cov}_{ij} = K$$

Para minimizar el riesgo es necesario resolver la siguiente función:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \text{Cov}_{ij} \text{ sujeto a: } \sum_{i=1}^n (W_i)(E(k_i)) = K$$

Donde:

W_i = proporción de los recursos invertidos en el i – esimo activo

W_j = proporción de los recursos invertidos en el j – esimo activo

$E(k_i)$ = rendimiento esperado del i – esimo activo

n = total de activos en el portafolio

Cov_{ij} = covarianza entre los rendimientos posibles de los activos i y j

K = constante

⁶⁵ Markowitz, H., 1952, "Portfolio Selection", The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1, 77-91.

⁶⁶ Medición y Control de riesgos financieros", Alfonso de Lara Haro., 2011.

2.11 Modelo CAPM (Capital Asset Prince Model)

El Modelo de valoración de activos de capital (CAPM, *por sus siglas en inglés*) propuesto por William F. Sharpe (1964) establece que el rendimiento de un activo o un portafolio es igual a la tasa libre de riesgo, más un premio por el riesgo que tiene este instrumento o portafolio medido por el coeficiente de correlación, mayor será la independencia de las variables.⁶⁷

Algunas suposiciones del CAPM:

1. Los inversionistas evalúan las carteras juzgando los rendimientos esperados y desviaciones estándar de las carteras durante un horizonte o periodo. Los rendimientos de los activos se distribuyen normalmente.
2. Los inversionistas nunca se sacian, de modo que cuando se da una opción entre dos carteras con desviaciones estándar idénticas, elegirán la que tengan el rendimiento esperado más alto.
3. Los inversionistas son adversos al riesgo, de modo que cuando se da una opción entre dos carteras con rendimientos esperados idénticos, elegirán la que tenga la desviación estándar más baja.
4. Los activos individuales son divisibles infinitamente, lo que significa que un inversionista puede comprar una fracción de una acción si lo desea.
5. Hay una tasa libre de riesgo a la que un inversionista puede prestar dinero o pedirlo prestado.
6. Los impuestos y los costos de transacción son irrelevantes.
7. Todos los inversionistas tienen el mismo horizonte de un periodo.
8. La tasa libre de riesgo es la misma para todos los inversionistas.
9. La inversión está a la disposición de todos los inversionistas.

⁶⁷ "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", Sharpe, W., 1964

10. Los inversionistas tienen expectativas homogéneas, es decir, tiene las mismas percepciones con respecto a los rendimientos esperados, desviaciones estándar y covarianzas de los valores.⁶⁸

Este modelo se basa en la existencia de una relación lineal entre el riesgo y el rendimiento. Establece que el punto de origen de la línea de mercado de capitales es el de la tasa libre de riesgo (el interceptó), y que a partir de ese punto, que representa un riesgo cero, se puede obtener una rentabilidad cada vez mayor a cambio de una mayor exposición al riesgo.⁶⁹

El Modelo CAPM se basa en el supuesto de que la utilidad del inversionista depende solamente del valor esperado y de la desviación estándar.⁷⁰

Por lo que:
$$U = f(E_w, \sigma_w)$$

Donde:

$U = \text{utilidad}$

$E_w = \text{valor esperado de la riqueza futura}$

$\sigma_w = \text{desviación estándar de la riqueza futura respecto de su valor esperado}$

El retorno esperado para un portafolio se define como:

$$E(R_p) = \alpha_1 E(R_1) + \alpha_2 E(R_2) + \dots + \alpha_n E(R_n)$$

Donde:

$E(R_p) = \text{retorno esperado del portafolio}$

$E(R_1), E(R_2), E(R_n) = \text{retorno esperado del activo 1,2 ... , n respectivamente}$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n = \text{porcentaje de la inversión en el activo 1,2 ... , n respectivamente}$

⁶⁸ Bravo Orellana Sergio, 2004, "El Capital Asset Pricing Model-CAPM Historia Y Fundamentos".

⁶⁹ Bravo Orellana Sergio, 2004, "El Capital Asset Pricing Model-CAPM Historia Y Fundamentos", Esan., 15-16.

⁷⁰ Bravo Orellana Sergio, 2004, "El Capital Asset Pricing Model-CAPM Historia Y Fundamentos", Esan., 21-22.

Sujeto a: $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 100\%$ de la inversión

El factor beta o coeficiente de riesgo sistemático se define por:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

Donde:

$Cov(R_i, R_m)$ = covarianza entre el activo riesgoso i y el portafolio de mercado m

$Var(R_m)$ = varianza del portafolio m .⁷¹

La desviación estándar de un portafolio de dos activos "x" y "y" se define como:

$$\sigma(R_p) = \sqrt{\alpha^2 \sigma_x^2 + (1 - \alpha) \sigma_y^2 + 2\alpha(1 - \alpha) \sigma_{xy}}$$

Donde:

α = porcentaje de la inversión en el activo x

σ_x, σ_y = desviación estándar de los retornos del activo "x" y "y" respectivamente

σ_{xy} = covarianza entre los retornos de los activos x y "y"

La covarianza entre los retornos de los activos "x" y "y" es igual al producto de la correlación entre "x" y "y" y las desviaciones estándar de los retornos de ambos activos:

$$\sigma_{xy} = \rho_{xy} \sigma_x \sigma_y$$

Donde:

ρ_{xy} = correlación entre los retornos "x" y "y"

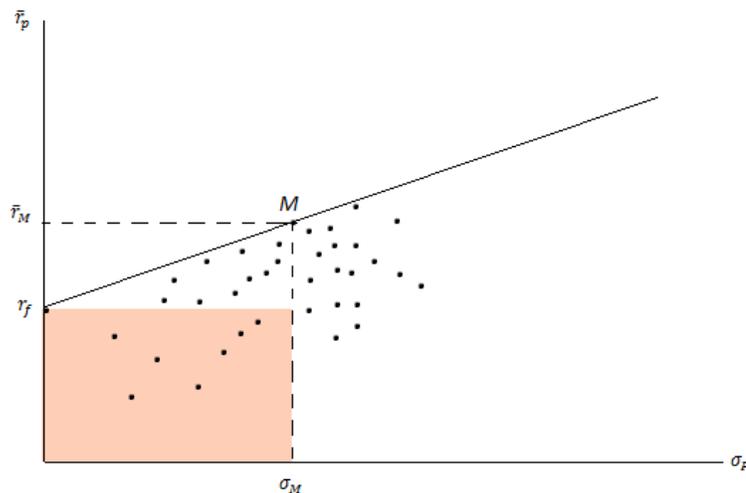
⁷¹ Bravo Orellana Sergio, 2004, "El Capital Asset Pricing Model-CAPM Historia Y Fundamentos".

2.11.1 El Conjunto Eficiente

En el CAPM es sencillo determinar la relación entre riesgo y el rendimiento esperado de las carteras eficientes (vea la figura 4). El punto M representa la cartera de mercado, y r_f representa la tasa de rendimiento libre de riesgo. Las carteras eficientes, cuya gráfica a lo largo de la línea va de r_f a M , constan de combinaciones alternativas de riesgo y rendimiento esperado que se puedan obtener combinando la cartera de mercado con el endeudamiento préstamo libre de riesgo. Este conjunto eficiente lineal del CAPM se conoce como línea del mercado de capitales.⁷²

Figura 4

La línea del Mercado de Capitales



Fuente: Jorion, Philippe "Value at Risk".

La pendiente de la CML equivale a la diferencia entre el rendimiento esperado de la cartera de mercado y la del valor libre de riesgo ($\bar{r}_M - r_f$) dividida entre la diferencia de sus riesgos ($\sigma_M - 0$), o $(\bar{r}_M - r_f)/(\sigma_M)$. Puesto que la intersección vertical de la CML es la línea recta que caracteriza a la CML tiene la siguiente ecuación:

$$\bar{r}_p = r_f + \left(\frac{\bar{r}_M - r_f}{\sigma_M} \right) \sigma_p$$

⁷² "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", Sharpe, W., 1964.

Donde \bar{r}_p y σ_p se refieren al rendimiento esperado y la desviación estándar de una cartera eficiente.

2.12 Valor en Riesgo o Value at Risk (VaR)

El valor en riesgo, conocido como VaR, es el paradigma en la medición de los riesgos de mercado. Es un concepto que se propuso en la segunda mitad de la década de los noventa y hoy lo aplican una cantidad importante de instituciones en México y en el ámbito laboral internacional.⁷³

La metodología del valor en riesgo, promovida y difundida por JP Morgan en 1994, se considera como un nivel de referencia y un estándar en los mercados financieros, lo que permite comparar la exposición del riesgo de mercado entre diversas instituciones.

2.12.1 Definición

El valor en riesgo (VaR) es un método para cuantificar la exposición al riesgo de mercado por medio de técnicas estadísticas tradicionales.

El VaR se define como la distancia desde la media de distribución de probabilidad del beneficio hasta el percentil $(1-\beta)$ o 5% de dicha distribución de probabilidad, donde β indica el nivel de confianza deseado.

El valor en riesgo es una medida estadística de riesgo de mercado que estima la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un intervalo de tiempo y con un cierto nivel de probabilidad o confianza.⁷⁴

Con la función de distribución de probabilidad inversa ($F^{-1}(x)$) se puede obtener el VaR para un nivel de confianza β determinado. Una vez generada la distribución se debe calcular aquel punto del dominio de la función de densidad que deja un 5% o un 1% del

⁷³ Para más detalle véase el documento "Riskmetrics" y el artículo: *Options: A Monte Carlo Approach*. Phelim P. Boyle. Journal of Financial Economics 4 (1977), pp. 323-338.

⁷⁴ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

área en su rango inferior α . La distancia de este punto en el dominio de la distribución en relación al valor esperado de la distribución se denomina VaR.

Analíticamente el VaR se define por el límite superior de la integral de la función de retornos esperados:⁷⁵

$$\int_{-\infty}^{E[r]-VaR} r(s)ds = \alpha$$

Usualmente se asume que el valor esperado de los retornos es cero $E[r]=0$, con lo que la expresión se transforma en:

$$\int_{-\infty}^{-VaR} r(s)ds = 0$$

Una representación alternativa consiste en estimar el VaR a través de la siguiente expresión:

$$VaR = \alpha \sqrt{\sigma^2 * \Delta t}$$

Donde:

α = factor que define el área de pérdida de los retornos

σ^2 = varianza de los retornos

Δt = horizonte del tiempo para el cual se calculará el factor de riesgo VaR

La tabla de distribución normal estandarizada entrega los siguientes valores para los factores de ajuste:

Porcentaje	10%	5%	1%	0.5%
Factor α	1.282	1.645	2.325	2.575

⁷⁵ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

2.12.2 Iniciativas Regulatorias Para la Banca Sobre el VAR

El comité investigo el posible uso de los modelos desarrollados por los propios bancos para el cálculo del riesgo de mercado y de sus respectivos niveles de capital, como una alternativa al esquema de medición estandarizado. Los resultados de este estudio fueron lo suficientemente alentadores para que este comité pueda contemplar el uso de modelos internos en la medición de los riesgos de mercado.

Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria, Abril de 1995

El acuerdo de Basilea de 1988 constituyó el primer paso hacia una administración del riesgo más estricta. El acuerdo de Basilea establece los requerimientos mínimos de capital, que deben cumplir los bancos comerciales para realizar coberturas contra el riesgo de crédito. Este acuerdo condujo a un esquema aún en proceso de evolución para imponer requerimientos de capital de garantía contra los riesgos de mercado. Los bancos tienen ahora la opción de utilizar su propio modelo VAR como base para las mediciones de requerimiento de capital.⁷⁶

¿Por qué regulación?

La regulación generalmente es considerada como necesaria cuando el libre mercado es incapaz de distribuir eficientemente los recursos. Para las instituciones financieras, se dice que este es el caso en dos situaciones: cuando se generan externalidades y existen seguros de depósito.

Las *externalidades* se presentan cuando el incumplimiento de una institución afecta a otras empresas. Aquí el temor es por el *riesgo sistémico*, el cual se presenta cuando el incumplimiento de una institución tiene un efecto de cascada sobre otras empresas, representando, por lo tanto, una amenaza para la estabilidad de todo el sistema financiero. Este riesgo implica situaciones de inestabilidad extrema.

El *seguro de depósito* también es un argumento en favor de la regulación. Se ofrece a los propietarios de bancos algo equivalente a una opción de venta (put). Si toman riesgos y prosperan, participan de los beneficios. Si pierden, el gobierno sale al paso y les reembolsa a los ahorradores.

⁷⁶ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

Esto se logra forzando a los bancos a tener niveles mínimos de capital, proporcionando por lo tanto, un colchón para proteger el fondo del seguro.⁷⁷

2.12.2.1 El Acuerdo de Basilea de 1988

En la búsqueda de estabilidad financiera, los banqueros centrales del grupo de los Diez (G-10) llegaron a un acuerdo financiero sin precedentes, el Acuerdo de Basilea, concluido el 15 de julio de 1988.⁷⁸ Los banqueros anunciaron que el acuerdo llevaría a una “convergencia internacional de las regulaciones de supervisión, que rigen los requerimientos de capital de garantía de los bancos internacionales”. El propósito principal del Acuerdo de Basilea fue proporcionar a los bancos comerciales un campo de acción equitativo, a través del establecimiento de un estándar mínimo de requerimientos de capital.

El acuerdo de 1988 definió una medida común de solvencia (la proporción Cooke), la cual cubre solo *riesgos crediticios* y por lo tanto, tiene que ver únicamente con la identidad de los deudores de los bancos. Las nuevas proporciones fueron implementadas totalmente en 1993, cubriendo a todos los bancos asegurados de los países firmantes.

2.12.2.2 La Proporción Cooke

El Acuerdo de Basilea requiere que el capital sea equivalente al menos al 8 por ciento del total de los activos con riesgo del banco. El objetivo del capital es proteger los depósitos.

- Capital de primer nivel, o capital central. Incluye emisiones accionarias y reservas reveladas. Las reservas generales de pérdida sobre préstamos constituyen capital que ha sido destinado a absorber pérdidas futuras; cuando ocurren dichas pérdidas, se cargan a la cuenta de reserva y no a las ganancias, lo cual ayuda a suavizar el ingreso en el tiempo.

⁷⁷ Jorion, Philippe “*Value at Risk*”. Ed. Irwin, 1997.

⁷⁸ Los miembros del Comité de Basilea son funcionarios ejecutivos del G-10: Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Holanda, Suecia, Reino Unido y los Estados Unidos, además de Luxemburgo y Suiza, quienes se reúnen cuatro veces al año, usualmente en Basilea Suiza, bajo el auspicio del Banco De Pagos Internacionales.

- Capital de segundo nivel, o capital suplementario. Incluye perpetuidades, reservas no reveladas, deuda subordinada con vencimiento mayor a cinco años y acciones recuperables a la opción del emisor. Dado que la deuda de largo plazo tiene una condición subalterna en relación con los depósitos, la deuda actúa como un tope para proteger a los depositantes (y al asegurador del depósito).

Del *cargo de capital* de 8 por ciento, al menos el 50 por ciento debe ser cubierto por capital de primer nivel.

Los pesos del capital en riesgo se establecieron de acuerdo a las clases de activos,⁷⁹ como se describe en la tabla:

Ponderaciones para el capital en riesgo por clases de activos

Ponderador	tipo de activo
0%	Bonos del tesoro de los EE.UU y obligaciones de los gobiernos centrales de la OCDE. Tenencia en efectivo. Tenencia en barras de oro.
20%	Efectivo por recibir. Derechos sobre bancos miembros de la OCDE. Valores de agencias gubernamentales estadounidenses. CMO de agencias. Bonos municipales de obligación general.
50%	Bonos de ingresos municipales.
100%	Bonos corporativos. Deuda de países subdesarrollados. Derechos mayores a un año sobre bancos de países no miembros de la OCDE. Participaciones. Bienes raíces. Planta y equipo. Strips y residuales de hipoteca.

Los firmantes del acuerdo de Basilea son libres de imponer requerimientos de capital más altos en sus propios países. Por consiguiente, poco tiempo después del acuerdo de Basilea, los legisladores de Estados Unidos aprobaron la Ley de Mejoramiento de la Institución Federal de Seguros de Depósito (FDICIA) de 1991, que pretende promover la confiabilidad y la seguridad de las instituciones financieras estadounidenses.

⁷⁹ Por ejemplo, el papel del Tesoro de los Estados Unidos, debido a que son obligaciones de un gobierno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se les asigna una ponderación de cero. Lo mismo se aplica para el efectivo y el oro de los bancos. A medida que se incrementa el riesgo crédito percibido, se incrementa también su ponderación del riesgo. En el otro extremo de la escala, los reclamos a las corporaciones, incluyendo préstamos, bonos y participaciones, reciben una ponderación de 100 por ciento, lo cual significa que deben ser efectivamente cubiertos por un 8 por ciento de capital.

2.12.2.3 Restricciones de Actividad

Además de los requerimientos de capital, los acuerdos de Basilea establecen límites a la “toma excesiva de riesgos”. Se trata de restricciones sobre grandes riesgos, definidos como posiciones que exceden el 10 por ciento del capital de un banco. Las grandes exposiciones deben informarse a las autoridades regulatorias.⁸⁰

No están permitidas las posiciones que excedan el 25 por ciento del capital de una empresa y el total de la exposición no debe exceder el 800 por ciento del capital.

2.12.2.4 Críticas al Enfoque de 1988

Las regulaciones de Basilea de 1988 han sido criticadas en varios aspectos. Primero, no tiene en cuenta el *riesgo del portafolio* del banco. Las correlaciones entre los componentes del portafolio pueden alterar significativamente el riesgo total del mismo. El riesgo crédito puede ser compensado vía la diversificación entre las emisoras, las industrias y la ubicación geográfica.

Segundo, estas regulaciones no consideran la *conciliación o neteo*. Si un banco equipara a depositantes y deudores, la exposición neta de este puede ser pequeña. Si una contraparte falla, la pérdida puede ser pequeña si el monto prestado es saldado por el monto en préstamo.⁸¹

Finalmente, estas iniciativas regulatorias contabilizan pobremente el *riesgo de mercado*, como es el riesgo de tasas de interés. Los activos son registrados al valor en libro, el cual puede diferir sustancialmente de sus precios de mercado vigentes. Como resultado, los rezagos en la contabilidad pueden crear una situación donde una hoja de balance aparentemente sana con capital aceptable, oculte pérdidas a precios de mercado.⁸²

⁸⁰ Jorion, Philippe “*Value at Risk*”. Ed. Irwin, 1997.

⁸¹ Jorion, Philippe “*Value at Risk*”. Ed. Irwin, 1997.

⁸² Jorion, Philippe “*Value at Risk*”. Ed. Irwin, 1997.

2.12.3 Las Propuestas de Basilea Sobre los Riesgos de Mercado

1.- Las propuestas de abril de 1993: el modelo estándar

El primer paquete de propuestas, emitido en abril de 1993, se basa en un enfoque de componentes estructurales. El VAR inicialmente se calcula para los portafolios expuestos al riesgo de tasa de interés, al riesgo cambiario, al riesgo de participación y al riesgo de producto, utilizando directrices específicas. El VAR total del banco se obtiene entonces de la suma de los diferentes VAR a lo largo de las cuatro categorías. Como la construcción del VAR sigue un proceso altamente estructurado y estandarizado, este enfoque a veces es denominado el *modelo estándar*.

Esta propuesta no considera la *diversificación entre distintos instrumentos* (distintos riesgos). Las correlaciones bajas implican que el riesgo de un portafolio puede ser mucho menor que la suma de riesgos de los componentes individuales.

2.- La revisión de abril de 1995: el modelo interno

En abril de 1995, el Comité de Basilea presentó un anexo sustancial de los modelos de riesgo de mercado.⁸³ Por primera vez, permitiría a los bancos la opción de utilizar sus propios modelos de medición de riesgo para determinar su requerimiento de capital.

Para utilizar este enfoque, los bancos deben satisfacer varios requerimientos cualitativos, incluyendo una revisión regular a distintos niveles administrativos dentro del banco y de los reguladores. La propuesta más reciente de “modelo interno” se basa en el siguiente enfoque:⁸⁴

- 1) El cálculo del VAR debe basarse en un conjunto de entrada de datos cuantitativos uniforme.
- 2) Las correlaciones pueden establecerse en categorías generales (tales como instrumentos de deuda), así como en toda clase de categorías (por ejemplo, entre instrumento de deuda y divisas).
- 3) El cargo de capital deberá ser fijado en relación al nivel más alto del VAR del día previo, o en relación al VAR promedio de los últimos 60 días hábiles, multiplicado por un factor “multiplicativo” (algunas veces denominado factor de *histeria*).

⁸³ Véanse las propuestas del Comité de Basilea (1995a, 1995b)

⁸⁴ Jorion, Philippe “*Value at Risk*”. Ed. Irwin, 1997.

- 4) Deberá agregarse un componente de penalización al factor multiplicativo, si las pruebas de verificación revelan que el modelo interno del banco pronostica incorrectamente los riesgos.

Para resumir, el cargo general del riesgo de mercado, en cualquier día t , es:

$$CRMt = \text{Máx} \left(k \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VAR_{t-i}, VAR_{t-1} \right)$$

Donde k es el factor multiplicativo, el cual puede ser fijado en un nivel superior a su mínimo de 3.

2.13 Métodos para la Medición del VaR

El Valor en Riesgo se puede calcular mediante los siguientes métodos:

2.13.1 Método Paramétrico

Basada en varianzas y covarianzas de los rendimientos de los precios de los activos.

Tiene como característica el supuesto de que los rendimientos del activo en cuestión se distribuyen de acuerdo con la curva de densidad de probabilidad normal y el supuesto de linealidad en el valor de los activos.⁸⁵

En este caso, el VaR puede obtenerse directamente de la desviación estándar del portafolio, utilizando un factor multiplicativo, el cual depende del nivel de confianza.

2.13.1.1 El Valor en Riesgo de un Activo Individual

Bajo el supuesto de normalidad y de medida de rendimiento igual a cero, el modelo paramétrico que determina el valor en riesgo de una posición es el siguiente:

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t}$$

⁸⁵ Jorlon, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

Donde:

F = factor que determina el nivel de confianza del cálculo.

Para un nivel de confianza de 95%, $F = 1.645$, y para 99%, $F = 2.33$

S = monto total de la inversión o la exposición total en riesgo

σ = desviación estándar de los rendimientos del activo

\sqrt{t} = horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR

2.13.1.2 Método Delta-Normal

Consiste en asumir que los retornos tienen distribución normal e idénticamente distribuida de manera que los retornos esperados para un portafolio de n activos se definen como:

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

Y la varianza dada por: $\sigma_p^2 = w'E(\Sigma)w$

Donde:

w = vector columna de los ponderados no negativos que suman 1

Σ = matriz de varianzas covarianzas para los retornos de n activos

El cálculo del VaR parte de la matriz de varianzas y covarianzas. Unas veces que se tiene la ponderación de los instrumentos se procede a calcular el VAR, considerando un nivel de significancia de 5% con su ajuste de volatilidad (α) que para 5% corresponde a 1.645, por lo tanto el Valor en Riesgo para el portafolio es:⁸⁶

$$VaR = \alpha\sqrt{\Delta t * \sigma^2} = \alpha\sqrt{w' * E[\Sigma] * w * \Delta t}$$

El cálculo del VaR va en relación a la frecuencia de la base de datos, lo que hace necesario el ajuste por el parámetro Δt .

⁸⁶ "Value at Risk: Teoría y aplicaciones", Johnson, C. 2001.

El siguiente cuadro resume lo que se debe realizar dependiendo el horizonte de análisis para una base de retornos diaria, donde W es el monto del portafolio en dinero.

Estadístico	1 Día	Semana	Mes	Año
Retorno	μ_d	$5\mu_d$	$20\mu_d$	$240\mu_d$
Varianza	σ_d^2	$5\sigma_d^2$	$20\sigma_d^2$	$240\sigma_d^2$
Desviación Estándar	σ_d	$\sigma_d\sqrt{5}$	$\sigma_d\sqrt{20}$	$\sigma_d\sqrt{240}$
VaR	$-\alpha * \sigma_d * W$	$-\alpha * \sigma_d * \sqrt{5} * W$	$-\alpha * \sigma_d * \sqrt{20} * W$	$-\alpha * \sigma_d * \sqrt{240} * W$

2.13.2 Método No Paramétrico

Consiste en utilizar una serie histórica de precios de la posición de riesgo (portafolios) para construir una serie de tiempo de precios y/o rendimientos simulados o hipotéticos, con el supuesto de que se ha conservado el portafolio durante el periodo de tiempo de la serie histórica.⁸⁷

Para aplicar esta metodología se debe identificar primero los componentes de los activos del portafolio y reunir los datos de los precios diarios históricos considerando un periodo que oscila entre 250 y 500 datos. A partir del histograma de frecuencias de los rendimientos simulados se calcula el cuantil correspondiente de dicho histograma (primer percentil si el nivel de confianza es de 99%).

Existen tres tipos de simulación histórica: crecimientos absolutos, crecimientos logarítmicos y crecimientos relativos.⁸⁸

⁸⁷ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

⁸⁸ "Value at Risk: Teoría y aplicaciones", Johnson, C. 2001.

2.13.2.1 Simulación Histórica con Crecimientos Absolutos

Pasos a seguir:

- a) Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (250 a 500 datos).
- b) Calcular las pérdidas/ganancias diarias de dicha serie de tiempo mediante la expresión:

$$\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$$

- c) Determinar una serie de tiempo de precios simulados sumando a la ΔP al precio más reciente o actual, de acuerdo con lo siguiente:

$$P_t = P_0 + \Delta P_t$$

P_0 es fijo para toda la serie de tiempo.

- d) Determinar una serie de tiempo de rendimientos simulados, a partir de los precios hipotéticos y referidos a la observación más reciente, como sigue:

$$R_i^* = \frac{P_t^* - P_0}{P_0}$$

- e) Calcular el valor en riesgo tomando el percentil que está de acuerdo con el nivel de significancia deseado (0.01 si el nivel de confianza es de 99%), del histograma de rendimientos simulados.
- f) Note que el valor en riesgo, en este caso, estará dado como rendimiento en porcentaje, por lo que será necesario multiplicar por el valor del portafolio vigente para obtener dicho valor en riesgo en pesos, dólares, etc.⁸⁹

2.13.2.2 Simulación Histórica con Crecimientos Logarítmicos

Pasos a seguir:

- a) Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (250 a 500 datos).

⁸⁹ "Value at Risk: Teoría y aplicaciones", Johnson, C. 2001.

b) Conseguir los rendimientos de los precios de la siguiente manera:

$$Rend = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

c) Determinar una serie de tiempo simulada de crecimientos de acuerdo con lo siguiente:

$$P = P_0(1 + rend)$$

d) Obtener una serie de tiempo de pérdidas/ganancias simulada: $P_0 - P$

e) Calcular el valor en riesgo tomando el percentil que está de acuerdo con el nivel de significancia deseado (0.01 si el nivel de confianza es de 99%), del histograma de rendimientos simulados.

2.13.2.3. Simulación Histórica con Crecimientos Relativos

El procedimiento es semejante al de crecimientos logarítmicos, pero en lugar de obtener dichos rendimientos con el logaritmo del coeficiente de precios, se obtienen con la siguiente expresión:⁹⁰

$$Rend = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

El método de simulación histórica tiene muchas ventajas, entre ellas las siguientes:

- a) Es realista, pues se basa en una serie de tiempo de datos reales
- b) No se apoya en supuestos de correlaciones y volatilidades que en situaciones de movimientos extremos en los mercados pueden no cumplirse

⁹⁰ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

2.13.2.4 Método de Simulación Histórica

La simulación histórica es una forma muy popular en el cálculo del VaR. Utiliza datos pasados de una forma muy directa como guía de qué puede ocurrir en el futuro.⁹¹ El primer paso es identificar las variables de mercado que afectan a la cartera. Típicamente serán los tipos de cambio, los precios de las acciones, los tipos de intereses, etc. Entonces escogeremos datos sobre los movimientos de estas variables en los últimos 500 días. Esto nos proporcionará 500 escenarios alternativos acerca que podrá ocurrir entre hoy y mañana. En el escenario 1, los cambios porcentuales en los valores de todas las variables son los mismos que se dieron el primer día para el que recogimos datos; el escenario 2 se da cuando son los mismos que el segundo día para el que tenemos datos; etc. Para cada escenario calculamos el cambio en dólares que se ha dado en el valor de la cartera entre hoy y mañana.

Esto define una distribución de probabilidad para cambios diarios en el valor de nuestra cartera. El quinto peor cambio diario corresponderá al primer percentil de la distribución. La estimación del VaR es la pérdida correspondiente cuando estamos en este percentil.

2.13.2.5 Método de Pruebas de Estrés

La prueba de estrés o también llamado análisis de escenario, examina el efecto de grandes movimientos simulados en variables financieras clave sobre el portafolio. Consiste en escenarios de interés especificados de manera subjetiva, para determinar los posibles cambios en el valor del portafolio.⁹² El Stress-Testing incrementa la ponderación de los eventos extremos que pueden resultar perjudiciales en la secuencia de la valoración del portafolio, mediante la simulación de escenarios históricos adversos o la creación de eventos negativos.

⁹¹ Jorion, Philippe "Value at Risk". Ed. Irwin, 1997.

⁹² Jorion, Philippe. "Value at Risk." Ed. Irwin, p. 95

2.13.2.6 Método de Simulación Monte Carlo

Consiste en generar de manera aleatoria, escenarios de ocurrencia de los factores de riesgo que afectan el valor de los activos contenidos en un portafolio. Una vez generados los escenarios, se valúa la cartera con los valores de los factores de riesgo asociados a cada escenario y se obtienen las pérdidas o ganancias como la diferencia entre su valor actual y el que corresponde al escenario.⁹³

Generación de escenarios

Es necesario comprender la manera de crear escenarios mediante la generación de números aleatorios.⁹⁴

Este modelo se puede expresar en términos discretos de la siguiente manera:

$$\frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} = \mu\Delta t + \sigma\varepsilon_t\sqrt{\Delta t}$$

Despejando el precio del activo en el tiempo t, se tiene:

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

Está es una ecuación recursiva. Para crear escenarios basta con generar números aleatorios (alrededor de 10,000), y para determinar el nuevo valor del activo, es claro que dependerá del valor obtenido en el periodo anterior de manera sucesiva. El valor de la media y de sigma permanecen constantes.⁹⁵

El modelo se puede resumir en los siguientes pasos:

- Identificar las variables creadoras del valor de la cartera y tomar una serie histórica de precios.
- Calcular los rendimientos diarios.
- Calcular la frecuencia acumulada de los rendimientos en la serie histórica tomada.

⁹³ Hull C. John. *Options, Futures and other derivatives*. Prentice Hall, 1997, pp. 210-217

⁹⁴ Boyle, Phelim P. *Options: A Monte Carlo approach*. *Journal of Financial Economics*, pp. 323-338.

⁹⁵ Boyle, Phelim P. *Options: A Monte Carlo approach*. *Journal of Financial Economics*, pp. 323-338.

- Generar al menos 10,000 números aleatorios. Cada número aleatorio representa una frecuencia acumulada que está asignada a un rendimiento en concreto.
- Utilizar ese rendimiento para calcular la variación de los precios.
- Calcular la serie de pérdidas y ganancias con los precios simulados
- Calcular el percentil adecuado que represente el valor en riesgo.

2.13.2.6.1 Monte Carlo Estructurado

El método Monte Carlo aproxima el comportamiento de los precios de activos financieros, utilizando simulaciones computarizadas para generar caminatas aleatorias de precios.

El Monte Carlo estructurado se utiliza para simular una variedad de escenarios sobre el valor que podría tener el portafolio en una fecha objetivo. El VAR del portafolio puede leerse entonces directamente a partir de la distribución de los valores del portafolio simulado. Este análisis es con mucho el método más poderoso para cuantificar el valor en riesgo.

Simulaciones con una variable aleatoria

Es simular repetidamente un proceso aleatorio para la variable financiera de interés, cubriendo un amplio rango de situaciones posibles. Las simulaciones recrean la distribución completa de los valores del portafolio. Se concentra en una sola variable aleatoria.⁹⁶

Generación de números aleatorios

Las simulaciones Monte Carlo se fundamentan en inferencias aleatorias ϵ para una variable con la distribución de probabilidad deseada.

El primer componente para un generador de números aleatorios es una distribución uniforme sobre el intervalo $[0, 1]$, la cual produce una variable aleatoria x .

⁹⁶ Gemmill Gordon. *Options Pricing: An international perspective*. McGraw-Hill, 1993.

El siguiente paso es transformar el número aleatorio uniforme x en la distribución deseada, a través de la función de distribución de probabilidad acumulativa inversa (*fdp*). Tomemos la distribución normal. Por definición, la *fdp* acumulativa $N(y)$ está definida entre 0 y 1. Por lo tanto, para generar una variable aleatoria normalmente distribuida calculamos y tal que $x=N(y)$, o $y=N^{-1}(x)^2$.

En términos más generales, cualquier función de distribución puede generarse mientras la función $N(y)$ pueda ser invertida.

Se deben crear series que aprueben todas las pruebas convencionales de independencia. Los buenos algoritmos se mueven por ciclos después de miles de millones de observaciones; los malos algoritmos pueden moverse por ciclos después de sólo unos cuantos miles.

El método Monte Carlo se basa en observaciones aleatorias que “llenan” un espacio dimensional N , donde N es el número de variables que determinan el precio de los títulos en cuestión.

La secuencia de puntos $\{x\}$ no tiene que ser elegida aleatoriamente. Es posible utilizar un esquema determinístico que se construye para proporcionar un llenado más consistente del espacio N . La elección debe tomar en cuenta el tamaño de la muestra, la dimensión del problema y posiblemente la forma de la función que es integrada.⁹⁷

Factorización de Cholesky

La factorización o descomposición de Cholesky toma su nombre del matemático André-Louis Cholesky, quien encontró que una matriz simétrica definida positiva puede ser descompuesta como el producto de una matriz triangular inferior.

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

1. A partir de la matriz de varianza-covarianza Σ aplicar la descomposición de Cholesky de tal manera que se obtenga la matriz A es tal que $\Sigma = A^T \times A$.
2. Generar una matriz X de 10,000 números aleatorios con distribución normal $N(0,1)$.

⁹⁷ Gemmill Gordon. *Options Pricing: An international perspective*. McGraw-Hill, 993.

3. Determinar una matriz $Y = A^T \times X$ donde Y tiene una distribución normal $N(0, \Sigma)$.
4. Generar 10,000 simulaciones de los factores de riesgo mediante $Z = S_0 e^Y$ donde S_0 es el vector de factores de riesgo vigente.
5. Determinar una serie de pérdidas/ganancias mediante: $Z = S_T$ Donde S_T es la posición total de portafolios.
6. El valor en riesgo se obtiene de calcular el percentil correspondiente de la serie de pérdidas/ganancias obtenida.

Conclusión del Capítulo

Se presentan las técnicas de la Administración de Riesgo utilizadas para el desarrollo del Portafolio de Inversión, basándose principalmente en la Teoría de Portafolios de los Modelos Monte Carlo y Markowitz.

Capítulo III. Comparación de los Modelos Markowitz y Monte Carlo de un Portafolio de Inversión

Objetivo del Capítulo

Pasaremos de lo teórico a lo práctico segmentando el capítulo en la comparación de dos métodos para optimizar un portafolio: Markowitz y Monte Carlo. La conformación de estos portafolios es una estrategia para disminuir el riesgo, es decir, el riesgo del portafolio debe ser menor que la suma de los riesgos de las acciones que lo conforman.

3.1 Elección de la Muestra

Con el fin de de construir portafolios eficientes y aseverar su bursatilidad en el periodo de observación se ha elegido para la muestra las empresas cotizantes en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

La Bolsa Mexicana de Valores (BMV) tiene como su principal Indicador al Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). El valor en puntos que alcanza el IPC es el principal termómetro para conocer las fluctuaciones del Mercado Accionario Mexicano, ya que las Emisoras que componen este Índice son un reflejo del comportamiento y dinámica de la BMV.

Para formar parte de la muestra del IPC, las emisoras deben cumplir con diversos criterios de representatividad en el mercado. A continuación se mencionaran estos requisitos:

- Bursatilidad: Con este indicador se asegura que las empresas sean las de mayor negociación en la BMV.
- Valor de Capitalización: Este criterio busca que las empresas consideradas, sean significativas en su ponderación y distribución en la muestra.
- Restricciones Adicionales: Con las medidas establecidas en este rubro, se permite tener condiciones claras en el mantenimiento y selección de series accionarias para la muestra.

Tamaño de la muestra: El número de series accionarias que conforman la muestra IPC es de 35 pudiendo variar por eventos corporativos.

Periodicidad de la revisión de la muestra: La revisión de la muestra se lleva a cabo en forma anual, considerando que la muestra se mantendrá estable durante este periodo. La relación de las series accionarias que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores elegibles de acuerdo a los Criterios de Selección de la Muestra del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Series Accionarias que Constituyen la Muestra del IPC

AC	BOLSA	GENTERA	ICH	MEXCHEM
ALFA	CEMEX	GFINBUR	IENOVA	OHLMEX
ALPEK	COMERCI	GFNORTE	KIMBER	PE&OLES
ALSEA	ELEKTRA	GFREGIO	KOF	PINFRA
AMX	FEMSA	GMEXICO	LAB	SANMEX
ASUR	GAP	GRUMA	LALA	TLEVISA
BIMBO	GCARSO	ICA	LIVERPOL	WALMEX

Elaboración propia con base en la información de la Bolsa Mexicana de Valores (2014).

De estas anteriores se tomaran en cuenta las que cumplen con el tiempo establecido para la realización del modelo.

El periodo a considerar en las cotizaciones de las acciones comprende del 01 de Enero de 2013 hasta el 07 de abril de 2015. La información de los precios de cierre se hizo con una frecuencia diaria con la intención de garantizar una reducida pérdida de información y mantener una muestra suficientemente grande, con un total de 591 precios o cotizaciones.

Tabla 2. Acciones que Cotizan en la BMV

Símbolo	Nombre
<u>ALFAA.MX</u>	ALFA
<u>ALSEA.MX</u>	ALSEA
<u>AMXL.MX</u>	AMERICA MOVIL
<u>ASURB.MX</u>	GRUPO AEROPORTUARIO DEL SURESTE
<u>BIMBOA.MX</u>	GRUPO BIMBO
<u>GCARSOA1.MX</u>	GRUPO CARSO
<u>GENTERA.MX</u>	GENTERA
<u>GFNORTEO.MX</u>	GRUPO FINANCIERO BANORTE
<u>GFREGIOO.MX</u>	GRUPO FINANCIERO BANREGIO
<u>PINFRA.MX</u>	PROMOTORA Y OPERADORA DE INFRAESTRUCTURA

Elaboración propia con base en la información de la Bolsa Mexicana de Valores (2014).

Un criterio importante a considerar para elegir los instrumentos fue la *diversificación*, es decir; para el presente trabajo se optó por elegir sectores distintos para no mantener el capital invertido en una sola industria e incrementar el riesgo innecesariamente.

Los precios obtenidos con una frecuencia diaria se ordenan cronológicamente de acuerdo a la siguiente tabla:⁹⁸

Tabla 3. Precios de Acciones (P_{it})

Fecha	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
01/01/2013	27.38	25.78	14.9	146.4	33.47	62.55	18.37	83.45	58.9	86.2
02/01/2013	28.94	27.23	14.91	150.4	33.81	63.83	19.06	86.74	60.44	87.22
03/01/2013	28.37	27.03	15.06	153.8	33.77	62.18	18.71	85.34	60.52	87.88
04/01/2013	28.93	27.13	15.48	154	34.11	61	18.58	83.81	60.12	88.99
07/01/2013	29.13	26.85	15.56	150.4	33.83	61.36	19.02	85.01	60.2	88.3
.
.
07/04/2015	33.15	45.73	16.01	213.5	44.04	65.47	27.65	92.05	79.41	168.26

Elaboración propia con base en la información de la Bolsa Mexicana de Valores (2014).

⁹⁸ La información completa de las cotizaciones históricas de las acciones se encuentra en el anexo 1 en el complemento de dicho trabajo.

3.2 Estructuración del Portafolio

Para proceder a la estimación del Valor en Riesgo el primer paso es calcular el *rendimiento* de cada una de las acciones, este resultado se puede obtener con la siguiente formula:

$$R_{it} = \left(\frac{(P_{t+1} - P_t)}{P_t} \right) * 100$$

Donde:

P_{t+1} : Precio de la acción en el periodo $t + 1$

P_t : Precio de la acción en el periodo t

R_{it} : Rendimiento obtenido del instrumento i en el periodo t

La *rentabilidad esperada* de un activo será el promedio de las rentabilidades del tiempo en el que se conserva al activo, es decir; se calcula el promedio de las rentabilidades obtenidas representado por la siguiente formula:

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^T R_{it}}{T}$$

Donde:

$E(R_i)$ = rendimiento promedio del instrumento i

R_{it} = rendimiento obtenido del instrumento i en el periodo t

T = número de periodos que se analizan

Tabla 4. Rendimientos de Acciones (R_{it}).⁹⁹

Fecha/Empresa	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
02/01/2013	0.056976	0.056245	0.000671	0.027459	0.010158	0.020464	0.037561	0.039425	0.026146	0.011833
03/01/2013	-0.0197	-0.00734	0.01006	0.022603	-0.00118	-0.02585	-0.01836	-0.01614	0.001324	0.007567
04/01/2013	0.019739	0.0037	0.027888	0.001365	0.010068	-0.01898	-0.00695	-0.01793	-0.00661	0.012631
07/01/2013	0.006913	-0.01032	0.005168	-0.02376	-0.00821	0.005902	0.023681	0.014318	0.001331	-0.00775
08/01/2013	0.015791	0.007449	0.001285	-0.00126	-0.00443	0.009289	0.008938	0.007999	0.01495	-0.01212
.
.
.
07/04/2015	0.04049	-0.00781	-0.01719	0.021829	-0.00654	0.000153	-0.00288	0.018478	0.005444	-0.00936

Elaboración propia con base en la información de la BMV.

Procederemos a elaborar un cuadro de resumen con respecto al rendimiento y al riesgo por Acción, utilizando las siguientes formulas:

Calcularemos la varianza de cada acción o bien, la dispersión que cada rendimiento tiene con respecto a su media.

- *Varianza*

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{n=1}^N [R_{it} - E(R_i)]^2}{T}$$

$\sigma_i^2 =$ *varianza del instrumento i*

$E(R_i) =$ *rendimiento promedio del instrumento i*

$R_{it} =$ *rendimiento obtenido del instrumento i en el periodo t*

$T =$ *número de periodos que se analizan*

⁹⁹ Se tendrá un dato menos que el número de cotizaciones por acción porque el cálculo comienza en el tiempo $t + 1$.

Mediante Excel utilizaremos la función **Var.P** que realiza este cálculo, considerando que nuestra muestra representa el total de la población. Utilizando la siguiente formula:

$$Var.P = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}$$

Donde \bar{x} es el promedio y n el tamaño de la muestra.

Continuando con los cálculos se hará el de la desviación estándar para cada una de las acciones, es decir; que tan lejos se muestran los datos de cada serie con respecto a la media o al rendimiento esperado. Mediante la siguiente formula:

- *Desviación Estándar*

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N [R_{it} - E(R_i)]^2}{T}}$$

En Excel podemos trabajar con la función **DesvEst.P** que realiza dicho cálculo, considerando que nuestra muestra representa el total de la población. Utilizando la siguiente formula:

$$Var.P = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

Donde \bar{x} es el promedio y n el tamaño de la muestra y numéricamente la desviación estándar representa la raíz cuadrada de la varianza que previamente ya fue calculada.

Tabla 5. Rendimiento y Riesgo por Acción

Ren-Riesgo	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
Rendimiento	0.000523	0.001126	0.000237	0.00075	0.000614	0.000234	0.000886	0.000306	0.000625	0.001236
Varianza	0.000398	0.000311	0.000229	0.000222	0.000298	0.000313	0.000386	0.000281	0.000238	0.000204
Desv.Estandar	0.019942	0.01763	0.015145	0.014901	0.017258	0.017704	0.019658	0.016758	0.015424	0.014294

Tabla 5.Elaboración propia con base en la información de la BMV.

Se puede observar que las acciones debido a su comportamiento ofrecen un rendimiento variable, por ejemplo Pinfra con un mayor rendimiento y Grupo Carso con el menor rendimiento entre otras.

Pinfra ofrece una utilidad de 0.00123 pesos por cada \$1.0 a invertir, no obstante Grupo Carso muestra un rendimiento de 0.00023 pesos por cada \$1.0 que se invierta en esta acción.

3.3 Modelo Markowitz

El Modelo Markowitz ha conseguido gran éxito a nivel teórico, dando lugar a múltiples desarrollos y derivaciones e incluso sentando bases de diversas teorías de equilibrio. Dicho modelo puede resultar de gran utilidad en la práctica referente al campo de la teoría de selección de carteras.

Es importante hacer hincapié en mantener el supuesto de que no se presentaran cambios en los rendimientos y varianzas futuras de los instrumentos que conforman el portafolio.

Tomando estas consideraciones comenzaremos con la construcción de un portafolio de inversión; el problema fundamental al que el inversor se enfrenta es la composición *óptima* de acciones o instrumentos que brinden el menor riesgo posible para un máximo beneficio.

Para la construcción del portafolio utilizaremos la metodología que se conoce con el nombre de Análisis de Media-Varianza y con él, la posibilidad de construir una serie de

portafolios que sean eficientes, es decir, aquellas carteras que en el pasado obtuvieron el retorno más alto dado un nivel de riesgo.

Procederemos a calcular la matriz de varianzas-covarianzas empezaremos colocando en la diagonal principal la varianza de cada acción; por sobre de ella las covarianzas y estas mismas covarianzas se repiten por debajo como se muestra:

$$Var - Cov = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & COV_{1,2} & COV_{1,3} & \dots & COV_{1,n} \\ COV_{1,2} & \sigma_2^2 & COV_{2,3} & \dots & COV_{2,n} \\ COV_{1,3} & COV_{2,3} & \sigma_3^2 & \dots & COV_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ COV_{1,n} & COV_{2,n} & COV_{3,n} & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Es posible utilizar una función de Excel llamada **Covariance.P** para realizar el cálculo considerando que nuestra muestra representa el total de la población. Con la siguiente fórmula:

$$Covariance.P(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

Donde μ_x representa el valor esperado de x recordando que $x = R_{it}$, es decir, el rendimiento de la acción i en el periodo t , por lo que $\mu_x = E(R_i)$.

Tabla 6. Matriz de Varianzas-Covarianzas

	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	0.0003977	0.000113	8.2E-05	9.14E-05	0.000135	0.00011097	0.0001333	0.0001086	8.966E-05	7.491E-05
ALSEA	0.000113	0.000311	4.32E-05	6.61E-05	0.0001003	9.7088E-05	8.206E-05	8.509E-05	8.534E-05	6E-05
AMX	8.199E-05	4.32E-05	0.000229	4.04E-05	6.781E-05	6.8348E-05	6.266E-05	3.637E-05	2.492E-05	4.711E-05
ASUR	9.139E-05	6.61E-05	4.04E-05	0.000222	7.873E-05	6.2509E-05	7.671E-05	6.733E-05	5.646E-05	4.802E-05
BIMBO	0.000135	0.0001	6.78E-05	7.87E-05	0.0002978	0.00013519	0.0001017	0.0001043	5.582E-05	6.432E-05
GCARSO	0.000111	9.71E-05	6.83E-05	6.25E-05	0.0001352	0.00031342	8.424E-05	9.286E-05	5.16E-05	6.178E-05
GENTERA	0.0001333	8.21E-05	6.27E-05	7.67E-05	0.0001017	8.4236E-05	0.0003864	6.915E-05	7.328E-05	5.737E-05
GFNORTE	0.0001086	8.51E-05	3.64E-05	6.73E-05	0.0001043	9.2861E-05	6.915E-05	0.0002808	6.226E-05	4.802E-05
GFREGIO	8.966E-05	8.53E-05	2.49E-05	5.65E-05	5.582E-05	5.1597E-05	7.328E-05	6.226E-05	0.0002379	4.197E-05
PINFRA	7.491E-05	6E-05	4.71E-05	4.8E-05	6.432E-05	6.178E-05	5.737E-05	4.802E-05	4.197E-05	0.0002043

Elaboración propia con base en la información de la BMV

La importancia de realizar el cálculo de la covarianza entre dos variables, determina si los valores de una variable o acción tienden a disminuir o aumentar en el mismo sentido, y cantidad que los valores de la segunda variable.

Cuando el resultado de la covarianza sea positivo indica que ambos activos registran un incremento, si el resultado es negativo indica que mientras un activo presenta un incremento el otro se va a la baja. Mientras la covarianza sea cero, o lo más cercano posible, indica que no existen relación entre los activos, es decir, son independientes.

Una vez obtenidos los rendimientos para cada una de las acciones, la varianza y covarianza es necesario construir una matriz que concentre el riesgo de estas acciones ligado al monto del capital que posiblemente se invertirá en cada una de ellas.

De este modo es posible asignar un monto “ficticio” de capital a las acciones, es decir; podemos invertir 10% en cada una de las 10 acciones que tenemos. Al aplicar la solución Solver, con la que minimizaremos el riesgo, estaremos agregando las restricciones que garantizan que el modelo se cumpla.

Para construir la matriz de riesgo del portafolio se elaborara de la siguiente manera:

Matriz de Riesgo (σ_p^2)

$$\begin{bmatrix} \sigma_1^2 * m_1^2 & cov_{1,2} * m_1 * m_2 & cov_{1,3} * m_1 * m_3 & \dots & cov_{1,n} * m_1 * m_n \\ cov_{1,2} * m_1 * m_2 & \sigma_2^2 * m_2^2 & cov_{2,3} * m_2 * m_3 & \dots & cov_{2,n} * m_2 * m_n \\ cov_{1,3} * m_1 * m_3 & cov_{2,3} * m_2 * m_3 & \sigma_3^2 * m_3^2 & \dots & cov_{3,n} * m_3 * m_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ cov_{1,n} * m_1 * m_n & cov_{2,n} * m_2 * m_n & cov_{3,n} * m_3 * m_n & \dots & \sigma_n^2 * m_n^2 \end{bmatrix}$$

En la diagonal principal las varianzas de cada acción, serán multiplicadas por su monto de inversión al cuadrado, ($\sigma_1^2 * m_1^2$) por sobre la diagonal principal las covarianzas se multiplican por el monto de inversión de la pareja de instrumentos.

Tabla7. Matriz de Riesgo (σ_p^2) con 10% de Asignación de Capital para cada Acción.

	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENEREA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	2.207E-07	1.955E-07	3.139E-07	3.0587E-07	1.9167E-07	1.804E-07	1.7734E-07	2.5005E-07	3.025E-07	3.0314E-07
ALSEA	1.13E-06	1.677E-06	5.157E-07	6.8928E-07	4.442E-07	4.92E-07	3.4029E-07	6.1084E-07	8.977E-07	7.5704E-07
AMX	8.199E-07	4.32E-07	6.059E-06	9.3306E-07	6.6415E-07	7.663E-07	5.7491E-07	5.7766E-07	5.801E-07	1.3152E-06
ASUR	9.139E-07	6.606E-07	4.042E-07	4.4803E-06	6.7399E-07	6.126E-07	6.1521E-07	9.3472E-07	1.149E-06	1.1716E-06
BIMBO	1.35E-06	1.003E-06	6.781E-07	7.8731E-07	1.0817E-06	5.62E-07	3.4612E-07	6.1425E-07	4.818E-07	6.6578E-07
GCARSO	1.11E-06	9.709E-07	6.835E-07	6.2509E-07	1.3519E-06	1.492E-06	3.2809E-07	6.261E-07	5.098E-07	7.3205E-07
GENEREA	1.333E-06	8.206E-07	6.266E-07	7.6709E-07	1.0173E-06	8.424E-07	1.2318E-06	3.8156E-07	5.925E-07	5.5628E-07
GFNORTE	1.086E-06	8.509E-07	3.637E-07	6.7328E-07	1.0429E-06	9.286E-07	6.9151E-07	2.6825E-06	8.714E-07	8.0605E-07
GFREGIO	8.966E-07	8.534E-07	2.492E-07	5.6461E-07	5.5823E-07	5.16E-07	7.3276E-07	6.2258E-07	4.879E-06	1.0324E-06
PINFRA	7.491E-07	6E-07	4.711E-07	4.8018E-07	6.4321E-07	6.178E-07	5.7365E-07	4.8018E-07	4.197E-07	6.0279E-06

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Para conocer el *riesgo del portafolio* se deben sumar los valores obtenidos en la matriz de riesgo (σ_p^2) y calcular la desviación estándar del portafolio σ_p y obtenemos:

$$\sigma_p = \mathbf{0.009511306}$$

Este es el cálculo del riesgo del portafolio sin embargo debemos sujetarnos a todas las restricciones que maneja Markowitz.

3.3.1 Optimización del Portafolio

Markowitz afirma que el riesgo de una inversión está sujeto a un problema de programación lineal cuyo objetivo principal es encontrar la composición óptima de porcentaje de inversión de capital a modo tal que se minimice el riesgo, sin comprometer el beneficio o rentabilidad esperada del inversor.

Para la optimización del portafolio debemos sujetarnos a las restricciones que maneja dicho modelo:

$$\text{Min } \sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n m_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_i m_j \text{cov}_{ij}}$$

Sujeto a:

$$1. E(R_p) = \sum_{i=1}^n (m_i)(E(R_i))$$

$$2. \sum_{i=1}^n m_i = 100\%$$

$$3. m_i \geq 0$$

Para resolver el modelo, encontrar el menor riesgo posible y las asignaciones de capital, resolveremos este problema de optimización lineal a través de Solver, el cual nos permite encontrar mínimos o máximos de una variable que depende de otras. La

cual a base de métodos numéricos encuentra la región factible del porcentaje a invertir en cada acción que nos da como resultado los siguientes datos:

Tabla 8. Porcentaje de Inversión

Acciones	% Inversión
ALFA	3%
ALSEA	7%
AMX	16%
ASUR	14%
BIMBO	6%
GCARSO	7%
GENTERA	6%
GFNORTE	10%
GFREGIO	14%
PINFRA	17%
Suma	100%

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Para obtener el valor en riesgo del portafolio en conjunto hacemos la matriz de correlación.

Al elegir los instrumentos de inversión que conformen un portafolio óptimo, se desea que el coeficiente de correlación sea $\rho_{ij} < 0$, de esta, manera se compensara las disminuciones en los rendimientos del instrumento i con los aumentos en el rendimiento del instrumento j .

Si la elección de activos mostrara como resultado que $\rho_{ij} > 0$ se estaría sujetando el portafolio a un mayor riesgo y con ello el capital invertido.

A continuación se presenta la matriz de correlación del portafolio de inversión:

Tabla 9. Matriz de Correlación

Correlación	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	1	0.3212808	0.2714754	0.30756376	0.392251	0.3143181	0.3400888	0.3249494	0.29151929	0.26279551
ALSEA	0.32128075	1	0.1617936	0.25146288	0.3298061	0.3110625	0.2367623	0.2879968	0.31384623	0.23810312
AMX	0.27147539	0.1617936	1	0.17909104	0.2594357	0.2549116	0.2104481	0.1432907	0.10670248	0.21762838
ASUR	0.30756376	0.2514629	0.179091	1	0.3061584	0.2369578	0.261878	0.2696235	0.24567027	0.2254444
BIMBO	0.392251	0.3298061	0.2594357	0.30615836	1	0.442468	0.2998521	0.3605968	0.2097135	0.26073217
GCARSO	0.31431814	0.3110625	0.2549116	0.23695783	0.442468	1	0.2420418	0.3129948	0.18895963	0.24413093
GENTERA	0.34008884	0.2367623	0.2104481	0.26187801	0.2998521	0.2420418	1	0.2099059	0.24167216	0.20414683
GFNORTE	0.32494942	0.2879968	0.1432907	0.26962352	0.3605968	0.3129948	0.2099059	1	0.24086225	0.20045066
GFREGIO	0.29151929	0.3138462	0.1067025	0.24567027	0.2097135	0.1889596	0.2416722	0.2408622	1	0.19037984
PINFRA	0.26279551	0.2381031	0.2176284	0.2254444	0.2607322	0.2441309	0.2041468	0.2004507	0.19037984	1

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Es importante señalar que en la diagonal principal de esta matriz los resultados fueron 1, mientras que por sobre de ella la correlación de la pareja de acciones ρ_{ij} son menores a cero.

3.3.2. Monto de Inversión en cada Instrumento

Lo atractivo de una inversión es la utilidad que se puede obtener dependiendo del tipo de instrumento en el que se invierte el capital y de los instrumentos de inversión que conforman el portafolio, la diversificación y el plazo que se determine; así como el riesgo y el capital disponible.

El capital disponible a invertir es de \$10, 000, 000, el cual será distribuido de acuerdo a la solución proporcionada por Solver; sujetándonos a las restricciones del modelo:

$$1. \sum_{i=1}^n m_i = 100\%$$

$$2. m_i \geq 0$$

Por lo tanto la asignación de inversión queda distribuida de la siguiente manera:

Tabla 10. Clasificación de Inversión por Empresa y Monto de Capital.

Acciones	% Inversión	% en pesos
ALFA	3%	\$300,000.00
ALSEA	7%	\$700,000.00
AMX	16%	\$1,600,000.00
ASUR	14%	\$1,400,000.00
BIMBO	6%	\$600,000.00
GCARSO	7%	\$700,000.00
GENTERA	6%	\$600,000.00
GFNORTE	10%	\$1,000,000.00
GFREGIO	14%	\$1,400,000.00
PINFRA	17%	\$1,700,000.00
Suma	100%	\$10,000,000.00

Elaboración propia con base en la información de la BMV

3.3.3. Rentabilidad

La tasa de utilidad o ganancia que se espera recibir del portafolio en conjunto es:

$$E(R_p) = 0.006536789$$

3.4 Modelo Monte Carlo

El funcionamiento del Modelo Monte Carlo consiste en aproximar el comportamiento de los precios de activos financieros, valiéndose de softwares para realizar simulaciones que generan precios aleatorios y establecer los posibles escenarios sobre el valor que podría tener un activo o portafolio.

- Se calculan los rendimientos de cada una de las acciones a partir de los precios históricos al cierre, obtenidos de las empresas inscritas en la Bolsa Mexicana de Valores y que han sido tomadas en cuenta para el cálculo del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) durante el periodo de tiempo en observación.¹⁰⁰

De esta manera, estaremos trabajando con emisoras altamente bursátiles y estables que se resumirán en series de datos confiables.

- Se calcula la matriz de varianzas-covarianza y de correlación a partir de los rendimientos de las 10 acciones.

Tabla 11. Matriz de Varianzas-Covarianzas

V-C	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	0.000398	0.000113	8.2E-05	9.14E-05	0.00013	0.000111	0.000133	0.000109	8.966E-05	7.49E-05
ALSEA	0.000113	0.000311	4.32E-05	6.61E-05	0.0001	9.71E-05	8.21E-05	8.51E-05	8.534E-05	6E-05
AMX	8.2E-05	4.32E-05	0.000229	4.04E-05	6.8E-05	6.83E-05	6.27E-05	3.64E-05	2.492E-05	4.71E-05
ASUR	9.14E-05	6.61E-05	4.04E-05	0.000222	7.9E-05	6.25E-05	7.67E-05	6.73E-05	5.646E-05	4.8E-05
BIMBO	0.000135	0.0001	6.78E-05	7.87E-05	0.0003	0.000135	0.000102	0.000104	5.582E-05	6.43E-05
GCARSO	0.000111	9.71E-05	6.83E-05	6.25E-05	0.00014	0.000313	8.42E-05	9.29E-05	5.16E-05	6.18E-05
GENTERA	0.000133	8.21E-05	6.27E-05	7.67E-05	0.0001	8.42E-05	0.000386	6.92E-05	7.328E-05	5.74E-05
GFNORTE	0.000109	8.51E-05	3.64E-05	6.73E-05	0.0001	9.29E-05	6.92E-05	0.000281	6.226E-05	4.8E-05
GFREGIO	8.97E-05	8.53E-05	2.49E-05	5.65E-05	5.6E-05	5.16E-05	7.33E-05	6.23E-05	0.0002379	4.2E-05
PINFRA	7.49E-05	6E-05	4.71E-05	4.8E-05	6.4E-05	6.18E-05	5.74E-05	4.8E-05	4.197E-05	0.000204

Elaboración propia con base en la información de la BMV

¹⁰⁰ Véase en la Tabla 4. Rendimientos de Acciones (R_{it})

- Se realiza una matriz compuesta por números pseudoaleatorios normalizados. Se calcula la matriz que obtendremos tras una descomposición Cholesky.

$$\begin{bmatrix} \Delta p_{1,t} \\ \Delta p_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} = A$$

Tabla 12. Matriz Cholesky

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.32128	0.94698	0	0	0	0	0	0	0	0
0.27148	0.07875	0.95922	0	0	0	0	0	0	0
0.30756	0.16119	0.08643	0.9338	0	0	0	0	0	0
0.39225	0.21519	0.14179	0.2489	0.84721	0	0	0	0	0
0.31432	0.22184	0.15858	0.2032	0.23414	0.8548	0	0	0	0
0.34009	0.13464	0.11209	0.202	0.08415	0.2849	0.85122	0	0	0
0.32495	0.19388	0.0415	0.219	0.15463	0.3991	-0.1202	0.78069	0	0
0.29152	0.23251	0.00965	0.2081	-0.0093	0.2229	0.0063	0.41498	0.7717	0
0.2628	0.16228	0.13918	0.1958	0.06405	0.321	-0.0694	0.43745	-0.2826	0.680975

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Se calcula A^T

Tabla 13. Matriz A^T

1	0.32128	0.27148	0.3076	0.39225	0.3143	0.34009	0.32495	0.29152	0.262796
0	0.94698	0.07875	0.1612	0.21519	0.2218	0.13464	0.19388	0.23251	0.162275
0	0	0.95922	0.0864	0.14179	0.1586	0.11209	0.0415	0.00965	0.139183
0	0	0	0.9338	0.24894	0.2032	0.20205	0.21902	0.2081	0.195768
0	0	0	0	0.84721	0.2341	0.08415	0.15463	-0.0093	0.064047
0	0	0	0	0	0.8548	0.28491	0.3991	0.22292	0.320974
0	0	0	0	0	0	0.85122	-0.1202	0.0063	-0.06939
0	0	0	0	0	0	0	0.78069	0.41498	0.437453
0	0	0	0	0	0	0	0	0.7717	-0.28262
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.680975

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Se realizan 10,000 simulaciones para cada una de las acciones.

Tabla 14. Simulaciones

	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
1	-0.0255	-0.228	0.05813	0.3611	0.6961	-0.885	-0.16	0.11894	-0.4107	-0.726
2	-0.7697	0.1754	1.21605	-1.6329	0.1392	0.476	2.441	-0.1027	-0.5228	-0.314
3	-0.2785	-0.195	1.75937	-0.8886	0.3931	-0.457	2.452	0.67323	1.07084	1.2904
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9997	1.9455	0.2286	-1.9974	-0.8988	-0.447	0.474	0.52	0.5505	1.01795	0.1839
9998	-0.635	0.3769	-0.9819	0.943	0.5553	-2.094	-1.72	1.34343	-0.5491	0.2423
9999	0.8575	0.4894	-0.4612	0.5727	1.3712	1.435	0.071	1.05057	-1.0171	-0.135
10000	-1.9053	0.1594	-0.9869	-0.8631	0.1468	0.698	-0.58	-1.3819	0.24285	0.3879

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Se calculan los valores $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots, \epsilon_t$ que requiere la Simulación Monte Carlo de la siguiente manera $\epsilon = nA^T$

Tabla 15. Simulaciones $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots, \epsilon_t$

	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10
1	0.1383	1.3278	0.33827	0.2397	2.2692	1.297	1.402	0.39976	1.52099	-1.26
2	1.9427	-0.203	2.30863	0.718	0.8679	1.019	0.543	1.52921	0.42276	1.5461
3	2.5292	-0.967	0.43631	0.0589	0.8889	1.895	1.353	1.28215	0.80493	1.1897
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9997	0.2529	-0.093	-1.2883	-0.2919	-0.856	-0.272	0.68	-1.0903	-0.431	-0.103
9998	-0.8914	1.825	-0.1805	0.6962	0.3073	1.886	1.262	0.9219	1.56886	0.0665
9999	0.0985	0.2199	-0.4114	-0.1947	0.3574	0.365	-0.28	-0.2464	-0.4975	0.106
10000	1.3559	0.0899	0.58353	1.1288	1.6597	1.273	0.146	0.04803	-0.6995	1.2751

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Se requiere conocer el *incremento del precio* de las acciones, el cual se calcula utilizando la media, la desviación estándar, el último precio y el valor de ϵ antes calculado:

$$\Delta P_{0i} = P_{0i} * (M_i + (\sigma_i * \epsilon_i))$$

Donde:

i = a la acción correspondiente

ΔP_{0i} = Incremento del precio de las acciones

P_{0i} = Ultimo precio de cada acción

$M_i = \text{Media de cada acción}$

$\sigma_i = \text{Desviación estándar de cada acción}$

Tabla 16. Incremento del Precio de las Acciones

	inc.1	inc.2	inc.3	inc.4	inc.5	inc.6	inc.7	inc.8	inc.9	inc.10
1	0.8883	0.3155	0.07708	-1.0964	1.2878	-0.486	-0.15	1.31408	0.86482	2.2521
2	0.3555	1.2863	0.19022	0.7657	0.2687	-0.156	0.437	0.77415	0.27347	4.3952
3	-0.199	0.6194	0.20071	2.0251	-0.165	-0.415	-0.34	-2.1589	-0.6109	-0.032
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9997	-0.0605	0.7411	-0.3653	-1.8031	-0.224	-1.263	-0.24	-1.7854	-2.1099	-1.573
9998	0.986	0.1299	0.21067	5.8388	-0.149	0.685	-0.24	0.17646	0.92288	-0.85
9999	-0.2257	-0.982	0.33246	-0.3044	0.7254	0.553	0.362	-2.2372	-0.9443	-2.052
10000	-0.3136	1.0729	-0.2448	-0.0449	-0.179	-0.498	-0.46	0.69015	0.4241	-0.559

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Con el paso anterior se obtiene el precio simulado para la acción i

$$P_{si} = \Delta P_{0i} + P_{0i}$$

Se calcula el *volumen de cada acción* que se tiene en el portafolio: incremento de cada acción más el último precio.

Tabla 17. Precio Simulado para la Acción i

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10
1	\$ 32.60	\$ 45.93	\$ 16.00	\$ 212.43	\$ 44.71	\$ 65.92	\$ 27.54	\$ 92.59	\$ 80.10	\$ 168.27
2	\$ 33.49	\$ 45.84	\$ 16.32	\$ 212.12	\$ 44.09	\$ 64.67	\$ 28.08	\$ 90.97	\$ 80.55	\$ 166.08
3	\$ 33.74	\$ 44.70	\$ 15.97	\$ 212.87	\$ 44.78	\$ 66.40	\$ 28.10	\$ 91.46	\$ 79.98	\$ 166.65
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9997	\$ 33.01	\$ 45.68	\$ 16.12	\$ 215.39	\$ 43.57	\$ 65.70	\$ 28.44	\$ 92.72	\$ 81.72	\$ 168.55
9998	\$ 32.78	\$ 44.38	\$ 16.16	\$ 212.84	\$ 44.79	\$ 64.08	\$ 26.92	\$ 91.51	\$ 78.47	\$ 167.80
9999	\$ 33.90	\$ 44.83	\$ 16.23	\$ 214.44	\$ 44.55	\$ 65.27	\$ 27.64	\$ 91.80	\$ 77.75	\$ 167.92
10000	\$ 32.87	\$ 46.26	\$ 15.84	\$ 217.42	\$ 44.04	\$ 67.40	\$ 27.96	\$ 95.82	\$ 82.80	\$ 170.38

Elaboración propia con base en la información de la BMV

- Se hace la sumatoria de *el precio simulado* por el valor de cada una de las acciones (valor de la acción: cantidad invertida en cada acción=1, 000,000 entre el último precio). De estas simulaciones se obtiene la máxima pérdida llegando con esto al cálculo del VAR.

Riesgo Portafolio	0.005173981
Rendimiento	0.00036813

3.5 Comparación entre los Modelos Markowitz y Monte Carlo

Se construyeron dos portafolios con las mismas acciones, pero con diferente porcentaje de inversión en cada una de ellas, para Markowitz dado un determinado riesgo se maximizará el rendimiento, mediante Solver y en Monte Carlo se asignó el porcentaje de la inversión mediante números aleatorios.

Tabla 18. Comparación entre los Modelos Markowitz y Monte Carlo.

Método	Riesgo	Rendimiento
Markowitz	0.009511306	0.006536789
Monte Carlo	0.005173981	0.00036813

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

- La optimización mediante el Modelo Markowitz otorgó un VaR mayor por **0.004337325**, que el obtenido por el Modelo Monte Carlo. Sin embargo Markowitz brinda un rendimiento más alto con respecto al de Monte Carlo con **0.006168659**, lo que representaría quizá para el inversionista mayor ganancia. Pero pese a esta ganancia y con una exposición al riesgo mucho mayor convertiríamos el portafolio de inversión en no rentable, dependiendo de las condiciones del Sistema Financiero Mexicano y la aversión al riesgo del inversionista, ya que para un portafolio óptimo se consideraría la obtención de un rendimiento menor tomando un riesgo más pequeño.
- Es importante señalar que la metodología Markowitz puede aplicarse a cualquier perfil del inversionista, ya sea maximizando los rendimientos, minimizando el riesgo, maximizando los rendimientos a un nivel de riesgo dado (ya sea alto o bajo) o minimizando el riesgo a un determinado nivel de rendimiento; se debe poner énfasis en la relación rendimiento-riesgo, la cual dice que a mayor rendimiento se corre un riesgo mayor y a menor rendimiento se corre un riesgo menor.

- El Método de Simulación Monte Carlo frecuentemente es más flexible para aproximar el VaR, debido a que no supone distribución conocida de los rendimientos y considera fluctuaciones (aleatorias) que se pueden dar en el mercado. En particular resalta Monte Carlo ya que el uso de distribuciones de valores extremos, dado un número considerable de observaciones, puede generar resultados satisfactorios, en este caso un riesgo menor, **0.005173981**.

Conclusión del Capítulo

Se realizó la comparación de los Modelos Markowitz y Monte Carlo, y se pudo constatar la comprobación de la hipótesis ya que el VaR de Monte Carlo es menor al de Markowitz, brindando el mejor resultado para la elección del portafolio que el inversionista considere conveniente de acuerdo a sus preferencias y su aversión al riesgo.

Conclusiones

- En la primera parte del trabajo se dio a conocer el Sistema Financiero Mexicano, generalidades y sus componentes principales. Así como las características generales de la Bolsa Mexicana de Valores.
- En el segundo capítulo se hizo mención de las metodologías y cálculos de Markowitz y Monte Carlo necesarias para la constitución del Portafolio de Inversión, mediante el desarrollo de la Teoría de Portafolios.
- El capítulo tres se concentró en la comprobación y comparación de las Metodologías antes mencionadas, resaltando sus ventajas y desventajas. Se realizó un Portafolio Óptimo con acciones que pertenecen al Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, por lo cual se propuso una metodología objetiva para la selección de portafolios en el corto plazo que solucione las necesidades de los inversionistas, dando los diferentes movimientos diarios de acciones necesarios para obtener una buena rentabilidad.
- Con lo anterior se pudo construir un portafolio que consta de realizar la comparación del VaR y rendimiento del Modelo Markowitz y el Modelo Monte Carlo, alcanzando así el objetivo general.
- Una alternativa para un inversor sería conformar un portafolio de inversión donde la capacidad de diversificar el riesgo sea la principal ventaja para incrementar el rendimiento ya que en los mercados financieros pueden existir opciones atractivas, pero que nos pueden generar pérdidas al invertir el total del capital disponible en una sola acción. Es por ello, que en el presente trabajo se ha demostrado que una opción para mejorar el rendimiento del portafolio de inversión, es la diversificación del riesgo colocado en diversas acciones pertenecientes a múltiples sectores.

- El Modelo de Markowitz se enfoca en aquel inversionista racional que desea maximizar sus ingresos considerando el menor riesgo posible dicho de otra manera generar una utilidad por su capital al mínimo riesgo posible.

Se creó el Modelo Markowitz apoyándonos de Excel y la herramienta Solver, para resolverlo de la forma más sencilla posible y de esta manera sea de fácil comprensión para el público interesado.

- La optimización del portafolio se resolvió siguiendo los pasos del modelo para conseguir resultados viables para el inversionista. Es decir, invertir de manera segura en activos que generen el mayor beneficio posible sin someterlo a un alto riesgo.
- El objetivo de dicho trabajo es ofrecer la mejor opción de portafolio al inversionista.
- El Valor en Riesgo o pérdida esperada de un Portafolio por el Método Monte Carlo (**0.005173981**), es más pequeño que el de un portafolio de inversión por el Método de Markowitz (**0.009511306**), por lo tanto se considera una mejor opción. Llevándonos a la comprobación de nuestra hipótesis, en la cual, si es posible reducir más el riesgo a través de un ejercicio de optimización basado en la Teoría del Portafolio, mediante el Modelo Monte Carlo en comparación al Modelo de Markowitz.

Anexos

Tabla 19. Clasificación de Inversión por Empresa y Rendimiento: Markowitz

<i>W_i</i>	Acciones	Rendimientos
2%	ALFA	0.000522575
7%	ALSEA	0.001126031
16%	AMX	0.00023698
14%	ASUR	0.000750337
6%	BIMBO	0.000613522
7%	GCARSO	0.000234021
6%	GENTERA	0.000885798
10%	GFNORTE	0.000306309
14%	GFREGIO	0.000624944
17%	PINFRA	0.00123627
100%	SUMA	0.006536789

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 20. Matriz de Correlación: Monte Carlo

Correlación	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	1	0.32128	0.271475	0.30756	0.39225	0.31432	0.340089	0.324949	0.291519	0.2628
ALSEA	0.321281	1	0.161794	0.25146	0.32981	0.31106	0.236762	0.287997	0.313846	0.2381
AMX	0.271475	0.16179	1	0.17909	0.25944	0.25491	0.210448	0.143291	0.106702	0.21763
ASUR	0.307564	0.25146	0.179091	1	0.30616	0.23696	0.261878	0.269624	0.24567	0.22544
BIMBO	0.392251	0.32981	0.259436	0.30616	1	0.44247	0.299852	0.360597	0.209714	0.26073
GCARSO	0.314318	0.31106	0.254912	0.23696	0.44247	1	0.242042	0.312995	0.18896	0.24413
GENTERA	0.340089	0.23676	0.210448	0.26188	0.29985	0.24204	1	0.209906	0.241672	0.20415
GFNORTE	0.324949	0.288	0.143291	0.26962	0.3606	0.31299	0.209906	1	0.240862	0.20045
GFREGIO	0.291519	0.31385	0.106702	0.24567	0.20971	0.18896	0.241672	0.240862	1	0.19038
PINFRA	0.262796	0.2381	0.217628	0.22544	0.26073	0.24413	0.204147	0.200451	0.19038	1

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 21. Calculo de Riskmetrics y Basilea: Monte Carlo

	RISKMETRICS	BASILEA
NIVEL DE CONFIANZA	95%	99%
NUMERO DE DESVIACION ESTAN	-1.644853627	-2.32634787
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	5%	1%
VOLATILIDAD DEL PORTAFOLIO		
HORIZONTE		
Diario	0.009838243%	
Mensual	0.043997960%	
Anual	0.156177265%	

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 21.1. Calculo de Riskmetrics y Basilea: Monte Carlo

PORTAFOLIOS	VECTOR DE POSICIONES	VOLATILIDAD DIARIA	VOLATILIDAD ANUAL
ALFA	\$1,000,000.00	0.019941558	0.316562424
ALSEA	\$1,000,000.00	0.017629968	0.279867062
AMX	\$1,000,000.00	0.01514498	0.240419105
ASUR	\$1,000,000.00	0.014900638	0.236540301
BIMBO	\$1,000,000.00	0.017258126	0.273964255
GCARSO	\$1,000,000.00	0.017703739	0.281038151
GENTERA	\$1,000,000.00	0.019658165	0.312063702
GFNORTE	\$1,000,000.00	0.016758407	0.266031461
GFREGIO	\$1,000,000.00	0.015423788	0.244845046
PINFRA	\$1,000,000.00	0.014294321	0.226915309
	\$10,000,000.00		

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 21.2. Calculo de Riskmetrics y Basilea: Monte Carlo

PERDIDAS DIARIAS				
ACCIONES	VaR RISKMETRICS	VaR BASIELA	Wi Riskmetrics	Wi Basilea
ALFA	-\$32,800.94	-\$46,391.00	12%	12%
ALSEA	-\$28,998.72	-\$41,013.44	10%	10%
AMX	-\$24,911.28	-\$35,232.49	9%	9%
ASUR	-\$24,509.37	-\$34,664.07	9%	9%
BIMBO	-\$28,387.09	-\$40,148.40	10%	10%
GCARSO	-\$29,120.06	-\$41,185.06	10%	10%
GENTERA	-\$32,334.80	-\$45,731.73	12%	12%
GFNORTE	-\$27,565.13	-\$38,985.88	10%	10%
GFREGIO	-\$25,369.87	-\$35,881.10	9%	9%
PINFRA	-\$23,512.07	-\$33,253.56	8%	8%
VAR incremental	-\$277,509.33	-\$392,486.74	100%	100%

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 21.3. Calculo de Riskmetrics y Basilea: Monte Carlo

PERDIDAS ANUALES				
ACCIONES	VaR RISKMETRICS	VaR BASIELA	Wi Riskmetrics	Wi Basilea
ALFA	-\$520,698.85	-\$736,434.32	12%	12%
ALSEA	-\$460,340.35	-\$651,068.15	10%	10%
AMX	-\$395,454.24	-\$559,298.47	9%	9%
ASUR	-\$389,074.17	-\$550,275.03	9%	9%
BIMBO	-\$450,631.10	-\$637,336.16	10%	10%
GCARSO	-\$462,266.62	-\$653,792.50	10%	10%
GENTERA	-513299.1118	-725968.7293	12%	12%
GFNORTE	-437582.8127	-618881.7226	10%	10%
GFREGIO	-402734.2617	-569594.7519	9%	9%
PINFRA	-\$373,242.47	-\$527,883.95	8%	8%
VAR incremental	-\$4,405,323.99	-\$6,230,533.79	100%	100%

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 22. Datos: Monte Carlo

	Media	Desv	Utl.Precio	Ponderado	Dinero	Acciones
ALFA	0.00052258	0.01994156	\$ 33.15	10%	\$ 1,000,000.00	30165.9125
ALSEA	0.00112603	0.01762997	\$ 45.73	10%	\$ 1,000,000.00	21867.4831
AMX	0.00023698	0.01514498	\$ 16.01	10%	\$ 1,000,000.00	62460.9619
ASUR	0.00075034	0.01490064	\$ 213.46	10%	\$ 1,000,000.00	4684.71845
BIMBO	0.00061352	0.01725813	\$ 44.04	10%	\$ 1,000,000.00	22706.6303
GCARSO	0.00023402	0.01770374	\$ 65.47	10%	\$ 1,000,000.00	15274.1714
GENTERA	0.0008858	0.01965817	\$ 27.65	10%	\$ 1,000,000.00	36166.3653
GFNORTE	0.00030631	0.01675841	\$ 92.05	10%	\$ 1,000,000.00	10863.6611
GFREGIO	0.00062494	0.01542379	\$ 79.41	10%	\$ 1,000,000.00	12592.8724
PINFRA	0.00123627	0.01429432	\$ 168.26	10%	\$ 1,000,000.00	5943.18317
				100%	\$ 10,000,000.00	222725.96

Elaboración propia con base en la información de la BMV

Tabla 23. Rendimientos de Acciones con Números Aleatorios: Monte Carlo

	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	GENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
1	-0.016	0.026	-8E-05	0.018	0.0101	-0.028	0.0371	0.0041	-0.0393	0.0079
2	0.0039	-0.001	-0.007	-0.017	0.0015	-0.023	0.0112	0.0069	-0.0012	-0.001
3	0.0213	0.003	-0.006	0.001	-0.018	-0.001	-0.0083	0.0116	-0.0017	-0.011
4	0.0056	-0.003	-0.001	-0.001	0.0027	0.0092	-0.0031	0.0203	0.0016	0.0104
5	0.0003	-6E-06	-6E-04	-2E-04	0.0044	0.0012	-0.0128	-0.0096	-0.0004	-0.007
6	-0.021	0.006	0.0042	0.007	-0.007	0.0042	-0.004	-0.0122	-0.0124	-0.004
7	-0.013	-0.024	0.0049	-0.003	-0.074	-0.007	-0.0096	-0.0033	-0.0015	0.01
8	-0.01	0.011	0.0015	6E-05	0.0021	-0.016	0.0018	-0.0089	0.0085	1E-05
.
.
.
587	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
588	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
589	0.0076	0.013	-0.004	0.024	0.0109	0.013	0.0024	0.0005	0.0029	0.0052
590	-0.01	-0.001	0.017	-0.015	0.0057	0.0002	-0.003	0.0379	0.0101	0.0011

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 24. Matriz de Varianzas-Covarianzas con Números Aleatorios: Monte Carlo

V-C	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	ENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	0.00045	-2.4E-05	1.61E-06	7.948E-06	-1.2E-05	-5.8E-06	2.46E-05	-1.19E-05	-2.4E-06	3.4E-05
ALSEA	-2E-05	0.000299	7.89E-06	-5.58E-06	-8.2E-06	2.77E-05	1.26E-06	-1.99E-05	-1.2E-05	6.2E-07
AMX	1.6E-06	7.89E-06	0.000225	-2.36E-05	3E-06	-5.7E-06	-5.1E-06	7.86E-06	-1.2E-05	8.8E-06
ASUR	7.9E-06	-5.6E-06	-2.4E-05	0.0002136	-2.6E-06	7.84E-06	3.99E-06	-6.25E-06	-6E-06	1.5E-06
BIMBO	-1E-05	-8.2E-06	3E-06	-2.62E-06	0.00028	2.87E-06	2.09E-05	3.01E-05	2.47E-05	-3E-06
GCARSO	-6E-06	2.77E-05	-5.7E-06	7.844E-06	2.9E-06	0.000301	-4.4E-06	-4.85E-06	8.69E-06	-2E-05
ENTERA	2.5E-05	1.26E-06	-5.1E-06	3.986E-06	2.1E-05	-4.4E-06	0.000355	2.8E-05	2.21E-07	2.6E-05
GFNORTE	-1E-05	-2E-05	7.86E-06	-6.25E-06	3E-05	-4.8E-06	2.8E-05	0.00026	6.5E-06	-8E-06
GFREGIO	-2E-06	-1.2E-05	-1.2E-05	-6.04E-06	2.5E-05	8.69E-06	2.21E-07	6.5E-06	0.000333	-1E-05
PINFRA	3.4E-05	6.18E-07	8.77E-06	1.483E-06	-3E-06	-1.8E-05	2.59E-05	-7.74E-06	-1.3E-05	0.00023

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 25. Matriz de Correlación con Números Aleatorios: Monte Carlo

Correlación	ALFA	ALSEA	AMX	ASUR	BIMBO	GCARSO	ENTERA	GFNORTE	GFREGIO	PINFRA
ALFA	1	0.041	-0.057	0.04014	0.0014	0.01792	-0.03842	-0.02424	0.070062	-0.073
ALSEA	0.041	1	0.0131	-0.0273	0.0265	-0.0005	-0.03161	0.049461	0.060247	-0.0438
AMX	-0.057	0.0131	1	-0.0299	0.028	-0.0077	-0.04744	-0.03795	-0.00095	0.00567
ASUR	0.0401	-0.0273	-0.03	1	0.1267	-0.004	0.00653	-0.02337	0.014117	-0.0167
BIMBO	0.0014	0.0265	0.028	0.12671	1	0.02053	0.03796	-0.05973	-0.03279	-0.0112
GCARSO	0.0179	-0.0005	-0.008	-0.004	0.0205	1	0.04344	0.008602	-0.07058	-0.0083
ENTERA	-0.038	-0.0316	-0.047	0.00653	0.038	0.04344	1	0.084621	-0.02319	0.04044
GFNORTE	-0.024	0.0495	-0.038	-0.0234	-0.06	0.0086	0.08462	1	0.040456	0.00225
GFREGIO	0.0701	0.0602	-1E-03	0.01412	-0.033	-0.0706	-0.02319	0.040456	1	-0.0417
PINFRA	-0.073	-0.0438	0.0057	-0.0167	-0.011	-0.0083	0.04044	0.002247	-0.04167	1

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 26. Calculo de Riskmetrics y Basilea con Números Aleatorios: Monte Carlo

	RISKMETRICS	BASILEA
NIVEL DE CONFIANZA	95%	99%
NUMERO DE DESVIACION ESTANDAR	-1.644853627	-2.326347874
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	5%	1%
VOLATILIDAD DEL PORTAFOLIO		
HORIZONTE		
Diario	0.005795320%	
Mensual	0.025917459%	
Anual	0.091997853%	

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 26.1. Calculo de Riskmetrics y Basilea con Números Aleatorios: Monte Carlo

PORTAFOLIOS	VECTOR DE POSICIONES	VOLATILIDAD DIARIA	VOLATILIDAD ANUAL
ALFA	\$ 1,000,000.00	0.020603279	0.327066915
ALSEA	\$ 1,000,000.00	0.018255444	0.289796184
AMX	\$ 1,000,000.00	0.015202737	0.241335974
ASUR	\$ 1,000,000.00	0.015000456	0.23812485
BIMBO	\$ 1,000,000.00	0.018490076	0.293520858
GCARSO	\$ 1,000,000.00	0.017623421	0.279763135
GENTERA	\$ 1,000,000.00	0.020855832	0.331076071
GFNORTE	\$ 1,000,000.00	0.016958381	0.26920596
GFREGIO	\$ 1,000,000.00	0.014267953	0.226496733
PINFRA	\$ 1,000,000.00	0.01493324	0.237057844
	\$ 10,000,000.00		

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 26.2. Calculo de Riskmetrics y Basilea con Números Aleatorios: Monte Carlo

PERDIDAS DIARIAS			
VaR RISKMETRICS	VaR BASIELA	Wi Riskmetrics	Wi Basilea
-\$33,190.96	-\$46,942.61	11.8649%	11.8649%
-\$29,757.57	-\$42,086.70	10.6376%	10.6376%
-\$24,184.23	-\$34,204.21	8.6452%	8.6452%
-\$23,762.26	-\$33,607.42	8.4944%	8.4944%
-\$25,291.48	-\$35,770.23	9.0411%	9.0411%
-\$32,748.73	-\$46,317.16	11.7068%	11.7068%
-\$31,748.54	-\$44,902.57	11.3493%	11.3493%
-\$28,951.94	-\$40,947.28	10.3496%	10.3496%
-\$25,941.74	-\$36,689.90	9.2735%	9.2735%
-\$24,162.69	-\$34,173.76	8.6375%	8.6375%
-\$279,740.15	-\$395,641.84	100%	100%

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Tabla 26.3. Calculo de Riskmetrics y Basilea con Números Aleatorios: Monte Carlo

PERDIDAS ANUALES			
VaR RISKMETRICS	VaR BASIELA	Wi Riskmetrics	Wi Basilea
-\$526,890.19	-\$745,190.85	11.8649%	11.8649%
-\$472,386.76	-\$668,105.62	10.6376%	10.6376%
-\$383,912.70	-\$542,975.06	8.6452%	8.6452%
-\$377,214.26	-\$533,501.32	8.4944%	8.4944%
-\$401,489.87	-\$567,834.79	9.0411%	9.0411%
-\$519,869.99	-\$735,262.05	11.7068%	11.7068%
-\$503,992.45	-\$712,806.14	11.3493%	11.3493%
-\$459,597.78	-\$650,017.92	10.3496%	10.3496%
-\$411,812.41	-\$582,434.14	9.2735%	9.2735%
-\$383,570.85	-\$542,491.58	8.6375%	8.6375%
-\$4,440,737.27	-\$6,280,619.47	100%	100%

Elaboración propia con cálculos realizados en Microsoft Office Excel.

Bibliografía

- Brealey R, Myers S (1998) "Principios de Finanzas Corporativas", Mc Graw Hill, 5° Edición.
- Bodie Z, Merton R (2003)"Finanzas", Pearson Educación.
- Definiciones básicas de riesgo (Banco de México)
- De Lara A (2005) "Medición y Control de riesgos financieros", Limusa, 3 edición.
- Dieck.F(2004) "Instituciones Financieras", Mc Graw Hill,México .
- Douglas E, Finnerty J (1997) "Administración Financiera Corporativa", Prentice Hall.
- Fabozzi, F, Modigliani F (1996) "Mercados e Instituciones Financieras", Prentice Hall, México.
- Fisher I (1930) "The Theory of Interest Rates ", Macmillan, Nueva York.
- Instituciones y Sociedades de Inversión "Ibedem 30.
- Legislación Bancaria (1998), Porrúa, México.
- Ley del Mercado de Valores: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LMV.pdf
- Madura J (2009)"Mercados e Instituciones Financieras", Cengage Learning Latin America, 2009.
- Markowitz H. (1991)" Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", John Wiley & Sons, New York.
- Méjan L (2008) "Sistema Financiero Mexicano Instituciones Jurídicos", Porrúa México.
- Bierwag Gerald (1991) "Análisis de la duración: la gestión del riesgo de tipo de interés ", Alianza .Madrid.
- Philippe J (1999) "Valor en Riesgo", Limusa, 2° Edición. México.
- Santillán (2007) "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados".
- Taha H (2004)"Investigación de Operaciones", Pearson Educación.
- Villegas E, Ortega R.(1994)" El Nuevo Sistema Financiero Mexicano", PAC.

Páginas de internet

- Asociación Mexicana de Asesores Independientes de Inversiones, A.C En <http://www.amaii.com.mx>.México
- Banco de México En [www.banxico.gob](http://www.banxico.gob.mx) México
- Bolsa Mexicana de Valores (BMV) En <http://www.bmv.com.mx/> .México.
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) En <http://www.cnbv.gob.mx>.México.