



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

RIESGO FINANCIERO,  
TEORIA Y PRÁCTICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
A C T U A R I A  
P R E S E N T A  
MARÍA ESTHER AYALA IZAGUIRRE



DIRECTORA DE TESIS:  
ACTUARIA MARÍA AURORA VALDÉS MICHELL

2005



m343480



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

**Riesgo Financiero, Teoría y Práctica.**

realizado por **María Esther Ayala Izaguirre**

con número de cuenta **07741430-8** , quien cubrió los créditos de la carrera de:

**Actuaría**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

**Atentamente**

Director de Tesis  
Propietario

Act. María Aurora Valdés Michell

Propietario

Act. Felipe Zamora Ramos.

Propietario

Act. Marina Castillo Garduño.

Suplente

Act. Laura Miriam Querol González.

Suplente

Act. Ana Laura Duarte Carmona

**Consejo Departamental de**  
**Matemáticas**

Act. Ojalme Vázquez Alamilla

FACULTAD DE  
 CONSEJO DEPARTAMENTAL  
 DE  
 MATEMÁTICAS

A mi esposo Ismael, con gratitud y amor por aceptar que caminemos de la mano en momentos de alegrías y tristezas, en la gran aventura que es la vida.

A mi hijo Ismael, por su gran ejemplo de tenacidad y valor para superar adversidades y lograr sus metas.

A mi hijo Juan Pablo, por su invaluable ayuda y apoyo para lograr la continuación de mis estudios y la conclusión de mi carrera profesional

A mis maestros y amigos con especial afecto y predilección

# INDICE

	Pag.
Introducción	1
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Riesgo, Generalidades</b>	
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DEFINICIONES GENERALES	6
1.3 FUENTES DE RIESGO	9
1.4 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS	10
1.4.1 PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO	11
1.4.2 LAS DIMENSIONES DE LA TRANSFERENCIA DEL RIESGO	12
1.4.3 INSTITUCIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO	13
1.5 CALIFICADORAS FINANCIERAS	13
1.6 INSTRUMENTOS FINANCIEROS	15
1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS FINANCIEROS	15
1.7 TEORÍA DE LA CARTERA	16
1.8 RIESGO SISTEMÁTICO Y RIESGO NO SISTEMÁTICO	17
1.9 TEORÍA DEL EQUILIBRIO EN EL MERCADO DE CAPITALES	17
1.10 ANÁLISIS RIESGO PAÍS	18
1.10.1 COMPUESTOS DEL RIESGO PAÍS	19

## Capítulo 2

### Transferencia de Riesgos

2.1 COBERTURA	22
2.1.1 OPCIONES	22
2.1.2 FUTUROS	24
2.1.3 FORWARDS	26
2.1.4 DIFERENCIA ENTRE FORWARD, FUTUROS Y OPCIONES	28
2.1.5 SWAPS	29
2.1.6 WARRANTS	31
2.1.7 COBERTURA DEL RIESGO DEL DÉFICIT MEDIANTE EL BALANCE DE ACTIVOS Y PASIVOS.	34
2.2 ASEGURAMIENTO	35
2.3 DIVERCIFICACION	35

## **Capítulo 3**

### **Métodos de Evaluación del Riesgo**

	<b>Pag.</b>	
<b>3.1</b>	<b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS DE ESCENARIOS</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>MEDICIÓN DEL RIESGO POR MEDIO DE ESTADÍSTICAS</b>	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>DISTRIBUCIONES LIBRES DE RIESGO</b>	<b>44</b>
<b>3.5</b>	<b>EL MODELO BINOMIAL</b>	<b>44</b>
<b>3.5.1</b>	<b>ARBOL BINOMIAL</b>	<b>47</b>
<b>3.6</b>	<b>LA FÓRMULA DE BLACK-SCHOLES (1973)</b>	<b>50</b>
<b>3.7</b>	<b>MODELO DE VALORACIÓN DE ACTIVOS</b>	<b>52</b>
<b>3.8</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CML</b>	<b>53</b>
<b>3.9</b>	<b>MAGNITUD DE LA PRIMA DE RIESGO DE LA CARTERA DE MERCADO</b>	<b>56</b>
<b>3.10</b>	<b>SIMULACIÓN MONTE CARLO</b>	<b>58</b>
<b>3.11</b>	<b>MODELO MARKOWITZ</b>	<b>63</b>
<b>3.12</b>	<b>VOLATILIDAD</b>	<b>67</b>
<b>3.13</b>	<b>VALORACIÓN DEL RIESGO VAR (VALUE AT RISK)</b>	<b>71</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>76</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>78</b>

## Introducción

La realización de este trabajo tiene el objetivo de elaborar un estudio sobre un tema muy importante y actual, que es el riesgo financiero.

El presente trabajo es sólo una introducción al apasionante tema del riesgo financiero. Por lo mismo abarca definiciones muy generales y un estudio de los principales métodos que se han venido utilizando para la valoración y prevención del riesgo financiero.

Cada uno de los temas aquí tratados podría ser usado para la elaboración de un estudio más específico y profundo.

La tesis se divide en tres capítulos.

- En el primero se hace una breve síntesis de la historia de cómo el hombre se ha protegido del riesgo financiero, así como de la situación monetaria del siglo XX. También defino los principales conceptos usados posteriormente en los métodos de análisis.
- En el segundo capítulo se define las diferentes formas de transferencia de riesgos, sobre todo mediante los derivados financieros.
- El tercer capítulo se hace un análisis de los principales métodos de evaluación del riesgo.

Este trabajo está acompañado de un CD con un programa elaborado en Visual Basic, el cual consta de varias partes:

- La mayoría de la teoría presentada en el trabajo escrito, así como ejemplos;
- Una sección de formulario;
- Ejercicios propuestos al alumno. Estos son calificados en el momento en que se da entrada al resultado;
- La sección de ejercicios tiene una calculadora, con las operaciones básicas necesarias para la solución de los problemas.

La idea de elaborarlo en un lenguaje de programación, tiene dos finalidades:

- Una ecológica por el ahorro de papel y, su facilidad para ser copiado por los alumnos para su estudio.
- Entusiasmar al uso de estas nuevas posibilidades y técnicas que nos dan las computadoras con sus diferentes lenguajes de programación.

# Capítulo 1

## Riesgo, Generalidades

### 1.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la historia, el ser humano ha estado expuesto a algún tipo de riesgo, ya sea económico, político, social u ocasionado por causas naturales.

En la Edad Media para satisfacer la demanda de agricultores y comerciantes usaban 'contratos de futuros'. Podemos situar en esta época el inicio de los instrumentos derivados.

En Japón (1600) se encuentra el primer caso conocido de un mercado de futuros organizado, presentado como un "problema de mismatch" de activo y pasivo entre las rentas y los gastos de los señores feudales japoneses".<sup>1</sup>

Hacia 1730, se creó oficialmente un mercado de arroz de Dojima designado como "cho-ai-mai", o "mercado de arroz a plazo", "presentando ya las características de un auténtico mercado de futuros moderno".<sup>2</sup>.

En 1848, fue fundado el "Chicago Board of Trade" el cual estandarizó las cantidades y calidades de los cereales que se comercializaban.

En el año de 1874, se funda un mercado central para los productos agrícolas perecederos, conocido como "Chicago Mercantile Exchange".

La historia del sistema monetario internacional está compuesta por tres períodos principales:

- 1.- La época del patrón-oro (desde 1870 a 1914).
- 2.- Período entre las dos guerras (de 1918 a 1939).
- 3.- El período posterior a la Segunda Guerra Mundial:  
La época del patrón-dólar.

#### ➤ EPOCA DEL PATRÓN ORO

Se constituyó un patrón internacional donde cada país ató su moneda al oro y esto le permitía, sin restricciones, la importación o la exportación de oro. Lo esencial de este tipo de patrón fue que las tasas de cambio eran fijas. El país central dentro de este patrón era Inglaterra ya que era el líder mundial en asuntos comerciales y financieros. Sólo estaban involucrados los principales países europeos.

---

<sup>1</sup> RODRÍGUEZ, de Castro J. (1997). Introducción al Análisis de Productos Financieros derivados. 2ª Edición, Editorial Limusa, México.

<sup>2</sup> Ibid.



## ➤ PERÍODO ENTRE LAS DOS GUERRAS

Conocido también como la "era oscura del sistema financiero internacional", ya que se caracterizó por un fuerte exceso de oferta monetaria e inflación. Con el estallido de la primera guerra mundial, las naciones en conflicto suspendieron la convertibilidad de sus monedas al oro, decretando un embargo sobre las exportaciones de oro, con el fin de proteger sus reservas de oro. Después, la mayoría de las naciones adoptaron la misma política. Por lo tanto, el financiamiento de los gastos militares fue a través de la impresión de dinero de manera masiva y excesiva.

En 1922, en la Conferencia de Ginebra, se recomendó la adopción de nuevo de un patrón oro de cambio, para esto "era necesario que los países con déficit permitieran la influencia de dicho déficit sobre sus reservas de oro para disminuir el crecimiento monetario. También era necesario que los países con superávit permitieran que sus crecientes reservas de oro liberalizaran sus políticas monetarias".<sup>3</sup>

Muchos países empezaron a manipular los tipos de cambio en función a sus objetivos nacionales. En 1931, Inglaterra suspende su convertibilidad (libra esterlina-oro), debido a la escasez de sus reservas.

"En 1934 sólo el dólar estadounidense podía ser intercambiado por oro".<sup>4</sup>

A partir de ese momento el mundo se dividió en tres bloques económicos:

- A.- El bloque de la Libra Esterlina;
- B.- El bloque del Dólar y
- C.- El bloque del Oro.

## ➤ PERÍODO POSTERIOR A LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Los instrumentos derivados tomaron mayor importancia a partir del cambio del patrón oro por el dólar.

En julio de 1944, las potencias mundiales se reunieron en el Hotel Mount Washington de Bretton Woods, New Hampshire, para diseñar un nuevo orden financiero internacional.

Del Bretton Woods se deriva la creación del FMI (Fondo Monetario Internacional). Organismo encargado de la administración del nuevo sistema financiero internacional.

---

<sup>3</sup> LEVI, D. Maurice (1997). Finanzas Internacionales. 3ª Edición. Editorial McGraw-Hill. México.

<sup>4</sup> Ibid.

Las reservas son aportadas por los países miembros de acuerdo con un sistema de cuota basado en el ingreso nacional y en la importancia del comercio en los diferentes países. "De la aportación original, 25% fue en oro y 75% fue en la propia divisa del país".<sup>5</sup>

En 1994 había 178 países afiliados al FMI.

"Todos los países vincularon sus monedas al dólar y los EE.UU. vincularon el dólar al oro, estando de acuerdo en cambiar oro por dólares con los bancos centrales extranjeros al precio de 35 dólares la onza".<sup>6</sup>

A partir de 1958, se reinstauró la convertibilidad de las monedas europeas y los mercados financieros de los países se integraron más, la política monetaria se hizo menos efectiva y los movimientos en las reservas internacionales se hicieron más volátiles, revelando así, que el sistema sufría de cierta debilidad.

En 1972 se funda el "International Monetary Market" como una división del "Chicago Mercantile Exchange", para procesar contratos de futuros en divisas.

Actualmente los mercados de futuros (instrumentos derivados) más relevantes en el mundo son los de Chicago y Nueva York cubriendo todas las áreas como: materias primas (commodities), bonos, tasas de interés, índices bursátiles, y divisas.

Las políticas macroeconómicas de los Estados Unidos de finales de los sesentas ayudaron a provocar el derrumbamiento del sistema Bretton Woods a comienzos de 1973. A principios de los setenta se devaluó el dólar y desencadena flujos especulativos de capitales huyendo del dólar. El crecimiento monetario de los Estados Unidos provocó la inflación interior y la extranjera, haciendo que los países no quisieran continuar importando inflación estadounidense a través de los tipos de cambio fijos. Una serie de crisis internacionales, que empezaron en la primavera de 1971, condujeron, por etapas, al abandono de los lazos del dólar con el oro y de los tipos de cambio fijos respecto del dólar por parte de los países industrializados.

Los instrumentos derivados tomaron mayor importancia hacia la exposición al riesgo a partir de 1971.

"A partir de esa fecha el comportamiento del mercado de divisas ha sufrido movimientos que afectan el desenvolvimiento de las tasas de interés, en tanto que la inestabilidad generalizada de los mercados se ha reforzado por el fenómeno inflacionario que han tenido que afrontar las economías modernas".<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> LEVI, D. Maurice (1997). Finanzas Internacionales. 3ª Edición. Editorial Mc Graw-Hill. México.

<sup>6</sup> KRUGMAN, R. Paul y Maurice Obstfeld (1995). Economía Internacional. 3ª Edición, Editorial Mc Graw-Hill, España.

<sup>7</sup> BACA, Gómez Antonio (1997). "La Administración de Riesgos Financieros". Artículo tomado de la revista *Ejecutivos de Finanzas*, publicación mensual, Año XXVI, No. 11, Noviembre, México.

En 1973, se desarrolla una teoría que explica cómo calcular el valor de una opción conocido como modelo de "Black-Scholes" y su versión mejorada de Merton.

Para 1994, J.P. Morgan propone "Riskmetrics", como un modelo para cuantificar los riesgos mediante el concepto de "Valor en Riesgo" (VaR).

A partir de la década de los 90's, se dice que vivimos "en un mundo más riesgoso", ya que con el proceso de globalización que vivimos hoy en día los impactos producidos por un país se expanden al resto del mundo por la interrelación de las economías.

Ejemplos de los efectos de la globalización:

- 1995, devaluación del peso mexicano (efecto tequila).
- 1997, crisis asiática (efecto dragón).
- 1998, crisis rusa, donde se desploma el rublo y su moratoria sobre su deuda pública dando como resultado una gran incertidumbre a los mercados internacionales.
- 1999, efecto Samba, se devalúa el real (Brasil).
- 2000, caída del índice Nasdaq.
- 2001, desaceleración económica de EE.UU. y aumento generalizado de los energéticos.
- 2002, derrumbe de la economía Argentina (efecto tango).

Con todo lo anterior, se puede apreciar que "los mercados financieros se han venido enfrentando a una creciente incertidumbre de precios. El mundo se ha tomado, desde el punto de vista financiero, un lugar más riesgoso".<sup>8</sup>

Esta incertidumbre se relaciona con tres precios financieros básicos que son: los tipos de cambio, las tasas de interés y los commodities (materias primas).

La volatilidad de los tipos de cambio se originó a partir del rompimiento del sistema Bretton Woods (1971), dando entrada a un sistema de flotaciones entre monedas, originando la aparición del riesgo de tipo de cambio.

Hacia 1979, la Reserva Federal de los EE.UU. abandona la práctica de fijar la tasa de interés y comienza a fijar la de crecimiento de la oferta monetaria, y así apareció el riesgo de tasas de interés.

En la década de los 70's la inestabilidad del petróleo provocó inestabilidad en otros commodities apareciendo el riesgo de precios de los commodities.

---

<sup>8</sup> PASCALE, Ricardo (1999). Decisiones Financieras. 3ª Edición, Ediciones Machi, Argentina.

Por todo lo antes mencionado, se puede afirmar que los instrumentos derivados son herramientas financieras de gran relevancia en el mundo, ya que reducen la exposición al riesgo de las empresas, evitando impactos económicos y financieros negativos.

## 1.2 DEFINICIONES GENERALES

### ➤ RENDIMIENTO

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

El riesgo se evalúa con base en la variación del rendimiento.

### ➤ RENDIMIENTO HISTÓRICO

Una medida de los rendimientos en el pasado.

Se puede analizar cual ha sido el rendimiento en la última semana, en el último mes, en los últimos tres meses, en los últimos seis meses, etc.

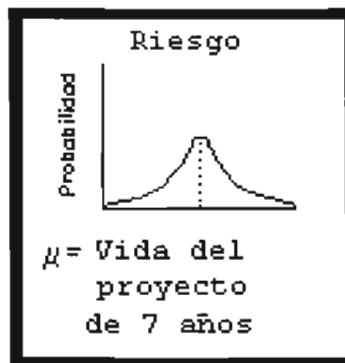
Se puede eliminar el impacto del mercado, así como otros tipos de riesgo, promediando los rendimientos históricos durante un periodo largo.

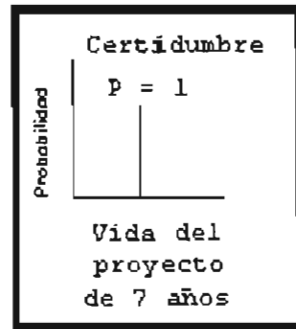
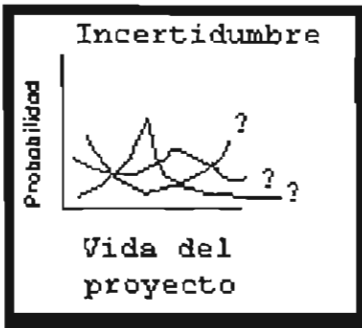
### ➤ RIESGO

Posibilidad de que ocurra algún evento o acontecimiento en el futuro que cambie las circunstancias actuales o esperadas, y que si ocurre dicho evento o acontecimiento puede ocasionar una pérdida o cambios en los flujos de efectivo futuros.

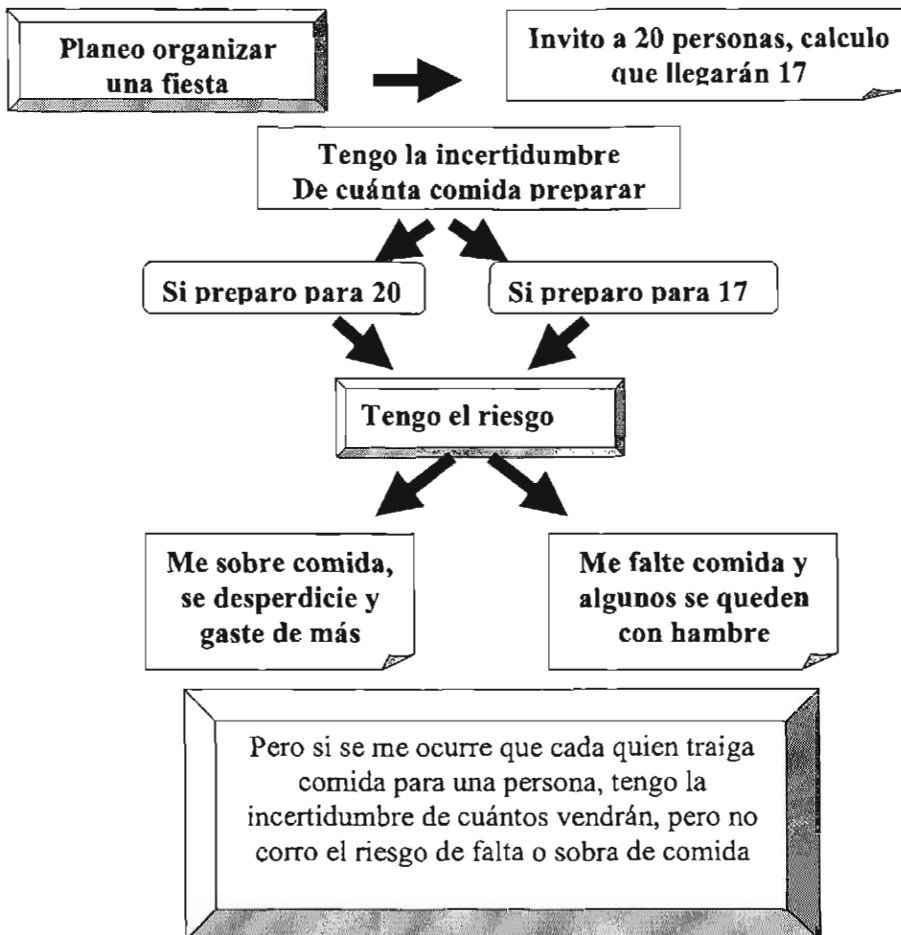
### ➤ INCERTIDUMBRE

Se ignoran las características del proceso probabilístico que da valor a los elementos inciertos.





Ejemplo riesgo, incertidumbre:



### ➤ GARANTÍAS FINANCIERAS

Son seguros contra el riesgo de crédito.

### ➤ RIESGO DE CRÉDITO

Es el riesgo de que la otra parte de un contrato no cumpla.

### ➤ GARANTÍA DE PRÉSTAMO

Es un contrato que obliga al aval a realizar el pago prometido del préstamo si el prestatario no lo hace.

### ➤ DIVERSIFICACIÓN

Es el dividir una inversión entre muchos activos riesgosos en vez de concentrarla en uno solo. Mediante la diversificación se puede lograr una reducción de la exposición global al riesgo, sin reducir el rendimiento esperado.

### ➤ ARBITRAJE

El arbitraje financiero se define como una ganancia instantánea libre de riesgo.

El arbitraje financiero es la operación de compra o venta de valores negociables, con objeto de obtener un beneficio a partir de la diferencia de precios entre dos plazas bursátiles.

Un mercado será eficiente cuando no existan oportunidades de arbitraje.

Las oportunidades de arbitraje no duran por mucho tiempo.

### ➤ VOLATILIDAD

Grado de fluctuación que manifiesta el precio del subyacente a través del tiempo.

### ➤ ESPECULACIÓN

Operativa que supone asumir riesgos con el fin de adquirir mayor rentabilidad. La especulación está ligada al apalancamiento financiero, es decir, tomar una posición de fuerte riesgo con el mínimo nominal invertido. La especulación es uno de los intereses para operar en el Mercado de Derivados, junto con la cobertura (vender riesgo) y el arbitraje.

### ➤ ACTIVO SUBYACENTE

Bien o índice de referencia, objeto de un Contrato de Futuro o de un Contrato de Opción, concertado en la Bolsa de Derivados.

### ➤ APALANCAMIENTO FINANCIERO

Operación con productos derivados, a través de la cual el inversionista busca beneficiarse íntegramente de la totalidad de la apreciación (en los calls) o de la depreciación (en los puts) de los títulos de referencia, con una inversión inferior al precio de mercado de dichos títulos.

➤ **COMMODITIES**

Palabra inglesa que se utiliza para nombrar al conjunto de mercaderías como metales, productos agrícolas, petróleo, etc., negociados en una bolsa o en el mercado spot.

➤ **MERCADO SPOT**

Aquel en que la entrega y pago del bien negociado se efectúan al momento de la concertación. El precio al cual se negocian se le conoce como precio spot o de contado.

### **1.3 FUENTES DE RIESGO**

#### **Fuentes de riesgo que afectan a administradores financieros y accionistas**

➤ **ESPECÍFICOS DE LA EMPRESA**

*COMERCIAL*

El nivel de riesgo se mide con la estabilidad de los ingresos y la estructura de los costos operativos.

*FINANCIERO*

Posibilidad de no tener la capacidad de cubrir las obligaciones financieras.

Es el riesgo de que los flujos de efectivo asociados con un instrumento financiero fluctúen en sus montos.

➤ **ESPECÍFICOS DEL ACCIONISTA**

*DE LA TASA DE INTERÉS*

Posibilidad de que los cambios de las tasas de interés afecten adversamente el valor de una inversión.

*DE LIQUIDEZ*

Es el riesgo de que una de las partes involucradas en una transacción con un instrumento financiero tenga dificultades para reunir los recursos necesarios para cumplir con sus compromisos asociados con el instrumento financiero.

*DE MERCADO*

Posibilidad de que el valor de una inversión baje debido a factores del mercado que no dependen de la inversión.

## ➤ DE LA EMPRESA Y DEL ACCIONISTA

### *DE EVENTOS*

Posibilidad de que un evento totalmente inesperado tenga un efecto significativo sobre el valor de la empresa o de una inversión específica.

### *CAMBIARIO*

El riesgo de que el valor de un instrumento financiero fluctúe debido a movimientos en los tipos de cambio de divisas extranjeras.

### *DEL PODER ADQUISITIVO*

La posibilidad de que los niveles cambiantes de precios ocasionados por la inflación o deflación de la economía afecten negativamente los flujos de efectivo y el valor de la empresa o de la inversión.

### *IMPOSITIVO*

Posibilidad de que ocurran cambios desfavorables en las leyes fiscales.

### *RIESGO DE CRÉDITO*

Es el riesgo de que una de las partes involucradas en una transacción con un instrumento financiero deje de cubrir su obligación y cause que la otra parte incurra en una pérdida.

## **1.4 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS**

La administración de riesgos financieros es una rama especializada de las finanzas corporativas, que se dedica al manejo o cobertura de los riesgos financieros.

Es un proceso continuo que requiere que las organizaciones desarrollen políticas, métodos e infraestructura.

### *POLÍTICAS*

Definiciones sobre estrategias para atender los riesgos, las tolerancias y la difusión interna y externa de la exposición a esos riesgos.

### *MÉTODOS*

Fórmulas de valuación de los distintos tipos de riesgos a que puede estar expuesta una organización. Es importante su incorporación en métodos contables.

### *INFRAESTRUCTURA*

Creación de bases de datos con información pertinente, equipo físico y de sistemas, capacitación del personal y el desarrollo de habilidades técnicas y gerenciales.



El control de riesgos es primero una herramienta de administración para la alta dirección de instituciones financieras y productivas.

Opera tanto como instrumento de medición como de control y auditoría. Por esto se utiliza cada vez más en actividades de la banca central, los fondos, sociedades de inversión y personas físicas.

Los indicadores para el control de riesgos son una guía para la adecuada comunicación de las empresas con sus acreedores e inversionistas con referencia a su solvencia, operaciones y el valor potencial, así como su uso como indicadores de regulación prudencial moderna aplicable a operaciones con valores y derivados, así como en el establecimiento de requerimientos de capital.

#### **1.4.1 PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO**

Es un intento sistemático para analizar y manejar el riesgo. El proceso puede dividirse en cinco pasos:

##### **1.- IDENTIFICACIÓN**

Consiste en averiguar cuáles son las exposiciones al riesgo más importantes para la unidad de análisis.

##### **2.- EVALUACIÓN**

Es la cuantificación de los costos asociados con riesgos que se han identificado en el primer paso.

##### **3.- SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE ADMINISTRACIÓN**

Existen cuatro técnicas básicas disponibles para reducir el riesgo:

- a) Evasión: Es una decisión conciente de no exponerse a un riesgo en particular.
- b) Prevención y control de pérdidas: Son acciones para reducir la probabilidad o la gravedad de las pérdidas. Dichas acciones pueden tomarse antes, en el momento o después de que ocurra la pérdida.
- c) Retención del riesgo: Comprende la absorción del riesgo y la cobertura de pérdidas con recursos propios.
  - Por omisión: cuando no estamos conscientes de que hubiera algún riesgo o preferimos ignorarlo.
  - Por decisión conciente: cuando queremos absorber ciertos riesgos
- d) Transferencia: Es la acción de pasar el riesgo a otros.

#### 4.- IMPLEMENTACIÓN

Después de la decisión sobre el manejo de los riesgos identificados, debemos implementar las técnicas seleccionadas.

#### 5.- REVISIÓN

La administración del riesgo es un proceso dinámico de retroalimentación en el que se repasan y revisan periódicamente las decisiones. Conforme pasa el tiempo y cambian las circunstancias, podrían surgir nuevas exposiciones, la información de la probabilidad y gravedad de los riesgos podría estar disponible con mayor rapidez, y las técnicas para administrarlos podrían llegar a ser menos costosas.

### 1.4.2 LAS DIMENSIONES DE LA TRANSFERENCIA DEL RIESGO

Dentro de las cuatro técnicas para la administración del riesgo, la transferencia de algunos o de todos los riesgos a otras personas es donde el sistema financiero desempeña el papel más importante.

#### 1.- COBERTURA

Se dice que nos cubrimos contra un riesgo cuando la acción tomada para reducir la exposición a una pérdida también ocasiona ceder la posibilidad de una ganancia.

#### 2.- ASEGURAMIENTO

Se paga una prima para evitar pérdidas. Cuando se compra un seguro, sustituye una pérdida segura por la posibilidad de una pérdida mayor si no se asegura.

#### 3.- DIVERSIFICACIÓN

Es el mantener cantidades similares de muchos activos riesgosos en vez de concentrar toda la inversión en uno solo. Esto limita la exposición al riesgo de cualquier activo solo.

Si un inversionista no se diversifica puede ser un gran ganador, pero también un gran perdedor. Si se diversifica se reduce la posibilidad de acabar en cualquiera de los dos extremos.

Tres puntos importantes de la transferencia de riesgo:

- Dependiendo del contexto particular en el que se lleve a cabo la transacción provoca que aumente o reduzca el riesgo.
- Ambas partes se pueden beneficiar.
- La redistribución de la forma en que se asume el riesgo puede mejorar el bienestar de los individuos participantes.

### 1.4.3 INSTITUCIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

A lo largo de los siglos, surgen diferentes organizaciones económicas y arreglos por medio de contratos que han ido evolucionando para facilitar una asignación más eficiente en la asunción de riesgos, tanto mediante la expansión del alcance de la diversificación como permitiendo una mayor especialización de la administración del riesgo. *LAS COMPAÑÍAS DE SEGUROS Y LOS MERCADOS DE FUTUROS* son ejemplos de instituciones cuya función económica primordial es favorecer estos fines.

Los valores de deuda y capital emitidos por empresas están diseñados con la intención de que sean diferentes de los riesgos que implican las operaciones de la misma empresa. Como consecuencia, *la gente puede seleccionar las clases de riesgos que están dispuestos a asumir cuando eligen invertir ya sea en VALORES DE DEUDA O DE CAPITAL de una empresa o alguna combinación de ellos.*

Los avances en telecomunicaciones, el procesamiento de la información y la teoría de las finanzas han reducido considerablemente los costos de una mayor diversificación y especialización para asumir riesgos.

Como han cambiado la oferta y la demanda de los mercados para asumir riesgos se introduce la tasa de innovación que facilita la administración del riesgo.

*La década de los noventa se caracteriza por una mayor movilidad internacional de los recursos, diversificación de los productos financieros y el surgimiento de la volatilidad a nivel global. Por estas razones es necesario el adoptar métodos y procedimientos para el control de riesgos, cada vez más completo.*

Nunca se podrá alcanzar por completo el ideal teórico de mercados completos para la asignación de riesgos

Factores que limitan la asignación eficiente de riesgos:  
Costos de transacción.

## 1.5 CALIFICADORAS FINANCIERAS

### **Qué es una Calificación**

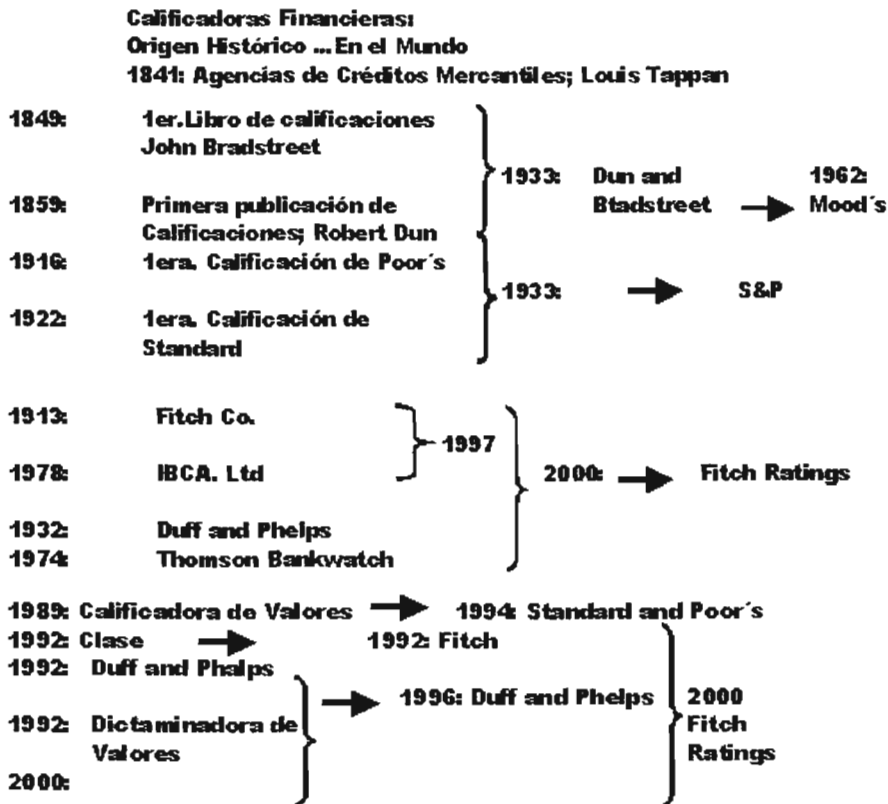
- Se refiere a la emisión, no al emisor
- Es una opinión
- Indica la capacidad potencial de pago oportuno en una escala predeterminada
- Cada quién selecciona su grado de riesgo y rendimiento
- Se vigila y se revisa

### **Lo que NO es una Calificación**

- No son recomendaciones de Compra / Venta
- No constituye aval o garantía
- No se auditan las cifras

### **Procedimiento de Calificación**

- Análisis Histórico de cifras
- Visita al Emisor a calificar
- Proyecciones
- Reunión Emisor / Comité
- Sesión Comité
- Aceptación Calificación
- Comunicado de Prensa
- Vigilancia y Seguimiento



## 1.6 INSTRUMENTOS FINANCIEROS

- Son cualquier contrato que dé origen tanto a un activo financiero de una entidad como a un pasivo financiero o instrumento de capital de otra entidad.

### ACTIVO FINANCIERO

Cualquier activo que sea:

Efectivo.

Un derecho contractual para recibir de otra entidad efectivo u otro activo financiero.

Un derecho contractual para intercambiar instrumentos financieros con otra entidad que fundadamente se espera darán beneficios futuros.

Un instrumento de capital de otra entidad.

### PASIVO FINANCIERO

Cualquier compromiso que sea:

Una obligación contractual para entregar efectivo u otro activo financiero a otra entidad, o intercambiar instrumentos financieros con otra entidad cuando existe un alto grado de posibilidad de que se tenga que dar cumplimiento a la obligación.

## 1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS FINANCIEROS

Pueden clasificarse en:

- a) INSTRUMENTOS FINANCIEROS PRIMARIOS

### *INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE DEUDA*

Son contratos celebrados para satisfacer las necesidades de financiamiento temporal en la entidad emisora y se pueden dividir en:

Los que pueden ser colocados a descuento *sin cláusulas de interés*. La diferencia entre el costo neto de adquisición y el monto al vencimiento del mismo representa intereses.

*Con cláusula de interés*, los cuales pueden colocarse con un premio o descuento. Dichos premios o descuentos forman parte de los intereses.

### *INSTRUMENTOS DE CAPITAL*

Cualquier contrato, documento o título referido a un contrato, que evidencie la participación en el capital contable de una entidad.

### *INSTRUMENTOS FINANCIEROS COMBINADOS*

Son contratos que incluyen un instrumento financiero de deuda junto con un instrumento de capital.

## ➤ b) INSTRUMENTOS FINANCIEROS DERIVADOS

Representados por contratos que se celebran con el objeto de crear derechos y obligaciones a las partes que intervienen en los mismos y cuyo único propósito es transferir entre dichas partes uno o más de los riesgos asociados con un bien o con un valor subyacente (base de referencia para valorar el riesgo). Los instrumentos financieros no crean la obligación de transferir la propiedad del bien o valor subyacente al inicio del contrato y dicha transferencia no necesariamente se da al término del contrato.

Los instrumentos financieros derivados básicos son:

*Opciones.*

*Futuros y forwards.*

*Swaps.*

*Warrants.*

### 1.7 TEORÍA DE LA CARTERA

Es el análisis cuantitativo de la administración óptima del riesgo. La unidad de análisis puede ser un individuo, una empresa o alguna otra organización económica.

Consiste en la formulación y evaluación de las compensaciones entre los beneficios y los costos de la reducción del riesgo con el propósito de encontrar la acción óptima a seguir.

La elección óptima implica evaluar las compensaciones entre recibir un rendimiento esperado más alto y tomar un riesgo mayor.

Si no existiera el riesgo ni la incertidumbre, el problema de la cartera estaría resuelto; mediante el modelo matemático de optimización correspondiente y se resuelve mecánicamente con algún método numérico, buscando asignar más recursos a los instrumentos más redituables, dentro de las restricciones impuestas.

Los primeros modelos formales de la teoría de la cartera surgieron para analizar las diferentes variables y así poder elegir la más óptima para la reducción de riesgos.

Estos modelos utilizan distribuciones de probabilidad para medir la compensación entre riesgo y rendimiento esperado.

El rendimiento esperado de una cartera de activos se identifica con la media de la distribución.

El riesgo se identifica con la desviación estándar.

## 1.8 RIESGO SISTEMÁTICO Y RIESGO NO SISTEMÁTICO

### ❖ No sistemático o diversificable

El riesgo propio que depende de las características específicas de la entidad o empresa emisora, debido a la naturaleza de sus actividades productivas, competencia de la gerencia, solvencia financiera etc.

Cuando un inversionista compra títulos en el mercado de valores con el fin de reducir el riesgo, tiene sentido la diversificación si las rentabilidades de los diferentes títulos adquiridos no están correlacionados, o tienen distinto grado de correlación con el índice del mercado.

### ❖ Sistemático o de Mercado (No Diversificable)

Es el riesgo inherente al propio mercado, que no puede eliminarse mediante ninguna diversificación.

No será posible eliminar el riesgo mediante la diversificación, debido a la correlación existente entre la rentabilidad del título en cuestión con las rentabilidades de otros títulos a través del Índice Bursátil que resume la evolución del mercado.

Uno de los criterios para la clasificación de los activos financieros es el basado en el **COEFICIENTE DE VOLATILIDAD** (coeficiente beta de Sharpe). Según este criterio, los activos financieros se suelen clasificar en tres grandes grupos o categorías:

#### 1.- Activos "poco volátiles" o "defensivos"

Son aquellos cuya beta o coeficiente de volatilidad es inferior a la unidad.

#### 2.- Activos "muy volátiles" o "agresivos"

Son aquellos cuya beta o coeficiente de volatilidad es superior a la unidad.

#### 3.- Activos de "volatilidad normal" o "neutros"

Son aquellos cuya beta o coeficiente de volatilidad es igual a la unidad.

## 1.9 TEORÍA DEL EQUILIBRIO EN EL MERCADO DE CAPITALES

La Teoría del equilibrio en el Mercado de Capitales es una extensión del modelo de Markowitz y consiste en introducir la posibilidad de que el inversionista no invierta todo su presupuesto en activos con riesgo, sino que una parte del mismo la dedique a la adquisición de activos sin riesgo o bien lo ceda en préstamo al tipo de interés de dicho activo sin riesgo.

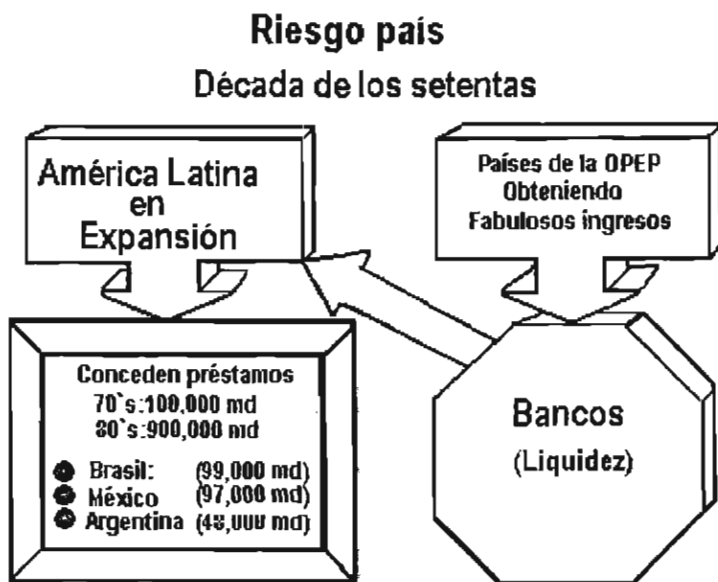
También tiene la posibilidad de invertir en valores mobiliarios una cantidad superior al presupuesto que tiene disponible para invertir, financiando la diferencia con endeudamiento.

De este modo tenemos una cartera con préstamo (Lending Portafolios) cuando una parte del presupuesto de inversión se presta al tipo de interés del activo sin riesgo y de carteras con endeudamiento (Borrowing Portafolios) cuando se pide prestado para invertir en valores mobiliarios, al mismo tipo de interés.

Los bonos del tesoro y la deuda pública a corto plazo, pueden considerarse como activos sin riesgo, ya que el inversionista conoce regularmente y por anticipado y con certeza la renta periódica que va a recibir en forma de intereses y también el precio de reembolso al término de la vida del empréstito.

Al incluir la posibilidad de prestar (o pedir prestado) una parte del presupuesto de inversión, la curva de carteras eficientes del modelo de Markowitz se convierte en una recta. La cartera estará formada ahora por dos tipos de activos: Un activo sin riesgo que será la parte prestada (o adeudada) y un activo con riesgo, concretado en un valor mobiliario o combinación de varios valores mobiliarios (cartera), perteneciente a la frontera eficiente original, generada conforme a la lógica del modelo de Markowitz, cuando no se había tenido en cuenta la existencia de activos sin riesgos.

## 1.10 ANÁLISIS RIESGO PAÍS



Fuente

//www.joseacontreras.net/dirinter/page00.htm

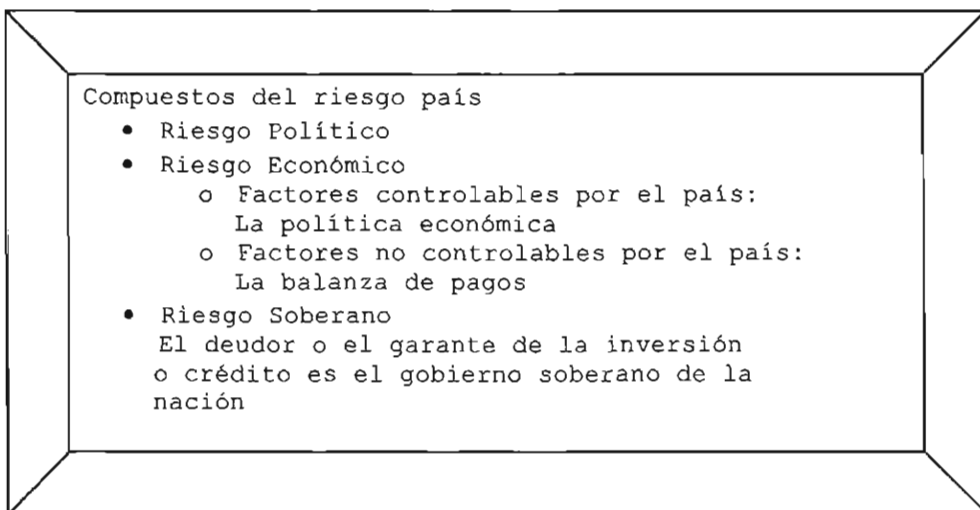
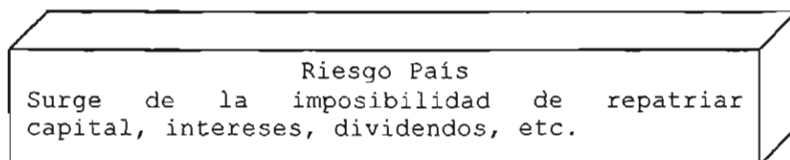


A mediados de la década de los setenta los países en desarrollo, fundamentalmente latinoamericanos, estaban en plena expansión, con lo cual necesitaban financiar las inversiones que dieran lugar a un mayor crecimiento económico. Este crecimiento se tenía que financiar por medio de inversión directa extranjera, ya que las tasas de ahorro interno eran insuficientes para realizar las inversiones necesarias.

Los bancos comerciales empezaron a dar préstamos a los países en desarrollo sin imaginarse que llegaría un momento en el que no serían capaces de devolverlo.

*EN 1982, POLONIA Y MÉXICO SE NEGARON A PAGAR LA DEUDA, SIGUIÉNDOLES DESPUÉS LA MAYORÍA DE LOS PAÍSES DEUDORES LATINOAMERICANOS. Fue en ese momento cuando los bancos e inversores extranjeros recordaron que a la hora de invertir en un país foráneo había que tener en cuenta las condiciones económicas y políticas del mismo, y se plantearon la necesidad de un estudio profundo del Riesgo País.*

### 1.10.1 COMPUESTOS DEL RIESGO PAÍS



Otros riesgos importantes relacionados con el riesgo país lo son:

- Riesgo Divisa  
Variación de la divisa con respecto a su moneda.
- Riesgo Legal  
por intervenir legislaciones de diferentes países.

La valoración del Riesgo País permite la estimación de un índice global de riesgo que sirve para obtener una clasificación de países.

Después, basados en el Índice Global de Riesgo, se estima la cantidad a invertir en un determinado país.

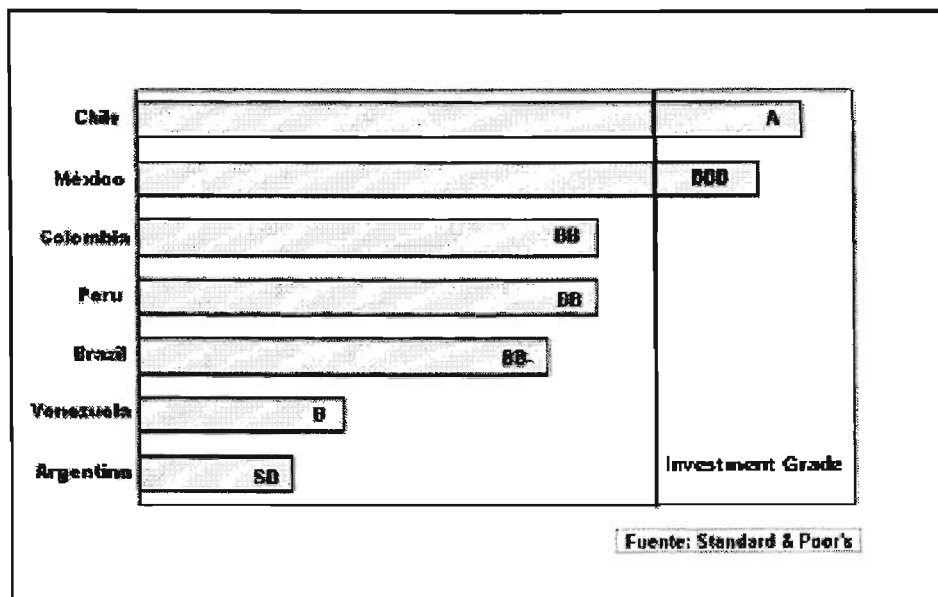
### Ejemplo

CALIFICACION DE GRADO DE INVERSION DE DEUDA SOBERANA DE LARGO PLAZO EN MONEDA EXTRANJERA. Fuente: Standard & Poor's						
PAIS	2005 Marzo	2004	2003	2002	2001	2000
ESTADOS UNIDOS	AAA	AAA	AAA	AAA		
CANADA	AA	AA	AA	AA		
CHILE	A	A	A-	A		
MEXICO	BBB	BBB-	BBB-	BBB-	BB	BB
COLOMBIA	BB	BB	BB	BB		
PERU	BB	BB	BB-	BB-		
BRASIL	BB-	BB-	B+	BB-		
VENEZUELA	B	B	CCC+	B		
ARGENTINA	SD	SD	SD	D		

**SOLAMENTE CHILE Y MEXICO OSTENTAN GRADO DE INVERSIÓN EN LATINO AMERICA  
CHILE OBTUVO GRADO "A" EN ENERO DE 2004, MEXICO MEJORÓ A GRADO "BBB" EN 2005**

Calificación en orden de muy buena a muy mala  
AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, CC, C, D, SD

Actualizado Marzo 2005



**INDICE DE RIESGO PAIS DE PAISES EMERGENTES**  
(EMBI --> Emerging Markets Bond Index)  
Fuente: JP Morgan

PAIS	mar-05	Fin 2004	Fin 2003	Fin 2002	Fin 2001	Fin 2000
ARGENTINA	5111	4703	5626	6303	4404	766
URUGUAY	409	373	624	1706		
BRASIL	463	382	468	1445	911	749
ECUADOR	654	690	840	1796	1186	3744
VENEZUELA	467	411	613	1042	1163	856
COLOMBIA	406	332	435	645	568	693
PERU	254	220	318	621	472	513
RUSIA	387	356	256	514	628	978
PANAMA	313	290	439	446	411	441
<b>MEXICO</b>	<b>169</b>	<b>166</b>	<b>199</b>	<b>323</b>	<b>308</b>	<b>392</b>
CHILE	57	66	84	125	152	
POLONIA	48	65	170	290	212	269
COREA			89	78	122	192
CHINA	50		42			

Entre más bajo el Índice indica menor riesgo

**Actualizado Marzo 2005**

## Capítulo 2

### Transferencia de Riesgos

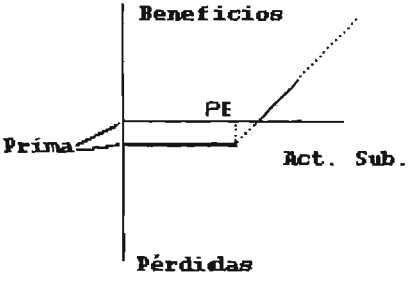
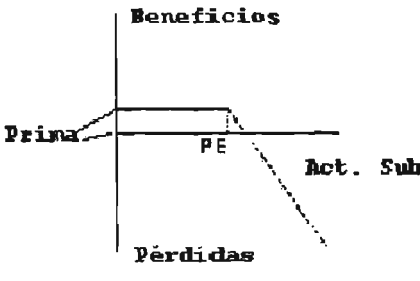
#### 2.1 COBERTURA

Por medio de los derivados y el balance de activos con pasivos se puede cubrir el riesgo del mercado (commodities, acciones, tasas de interés y tipos de cambio).

##### 2.1.1 OPCIONES

Contratos que confieren el derecho (mas no la obligación) de comprar o vender un bien a un precio determinado en una fecha definida o dentro de un periodo de tiempo determinado a cambio del pago de una prima. El otorgante de la opción si está obligado a vender o comprar en caso de que la opción sea ejercida. Cuando el derecho que se adquiere es de vender, la opción se conoce como put. Cuando el derecho que se adquiere es de comprar, la opción se conoce como call.

#### Estrategias elementales:

Compra de opción de compra (long call). <sup>9</sup>	Venta de opción de compra (short call).
	
Le da al comprador el derecho a comprar el activo subyacente al precio de ejercicio en la fecha de vencimiento o antes a cambio del pago de una prima. Tiene las pérdidas limitadas a la Prima y las ganancias ilimitadas	El vendedor está obligado a vender el activo subyacente al precio de ejercicio en la fecha de vencimiento o antes, a cambio del cobro de una prima. Tiene ganancias limitadas y pérdidas ilimitadas.

<sup>9</sup> [www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml](http://www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml)

Compra de opción de venta (long put). <sup>10</sup>	Venta de opción de venta (short put).
<p>El comprador tiene el derecho a vender el activo subyacente al precio de ejercicio en la fecha de vencimiento o antes a cambio de una prima. Tiene las pérdidas limitadas a la prima y ganancias ilimitadas.</p>	<p>El vendedor tiene la obligación de comprar el activo subyacente al precio de ejercicio en la fecha de vencimiento o antes a cambio del cobro de una prima. Tiene las ganancias limitadas a la prima y pérdidas ilimitadas.</p>

La prima es el precio del derecho, el precio de la opción y cotiza en el mercado.

Paridad Put-Call:

$$C + Ke^{-rt} = P + St$$

**C = Valor Call**

**K = Precio de ejercicio**

**P = Valor Put**

**St = Valor Acción en el tiempo t**

**r = Tasa libre riesgo**

**t = tiempo**

## Ejemplo

Se tiene una acción cuyo valor es de \$47. Las opciones suscritas sobre esta acción, con un precio de ejercicio de \$45 y vencimiento en 6 meses (0.5 años), tienen un valor de \$7 para la Call y \$3 para la Put, si el tipo de interés vigente es de un 10% anual.

¿Calcular el precio de equilibrio de la opción Put?

<sup>10</sup> [www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml](http://www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml)

## Solución:

Según la Paridad Put-Call:

$$C + Ke^{-rt} = P + S_t$$

$$e = 2.718281828$$

$$P = C - S_t + Ke^{-rt}$$

$$P = 7 - 47 + (45) \cdot (2.7182818)^{-1} \cdot (0.05)$$

Precio de equilibrio de la Put:

**\$2.8053**

Las opciones Put se cotizan a \$3, lo que es superior a su precio de equilibrio de \$2.805. Por tanto, estas opciones están “*sobrevaloradas*”.

## 2.1.2 FUTUROS

Contratos que obligan a ambas partes a ***intercambiar un bien o valor en una cantidad, calidad y precio preestablecido en una fecha futura***. Los futuros operan con términos estandarizados, tienen mercado secundario y requieren del establecimiento obligatorio de colaterales.

Los mercados de futuros conocidos más antiguos se crearon en la Edad Media para satisfacer las necesidades de agricultores y comerciantes. En la actualidad, existen numerosos mercados organizados de futuros en todo el mundo, no sólo para commodities sino también para varios instrumentos financieros (como divisas, bonos e índices de mercados de valores). Los contratos de futuros negociados en estos mercados permiten a las empresas cubrirse contra el riesgo del precio de commodities, del tipo de cambio, del mercado de valores y del de las tasas de interés, y la lista se amplía constantemente para incluir otras fuentes de riesgo.

### COLATERAL

Garantía constituida para el pago de las contraprestaciones pactadas en contratos con instrumentos financieros derivados en mercados sobre el mostrador, o en otros distintos a los mercados reconocidos.

La bolsa es la intermediaria entre el comprador y vendedor, ambos firman un contrato con la bolsa.

### *PRECIO SPOT*

Precio o equivalente del bien subyacente, vigente en el mercado a la fecha de la valuación de los contratos. Para el caso de divisas, el precio spot será el tipo de cambio.

### *PRECIO DE ENTREGA*

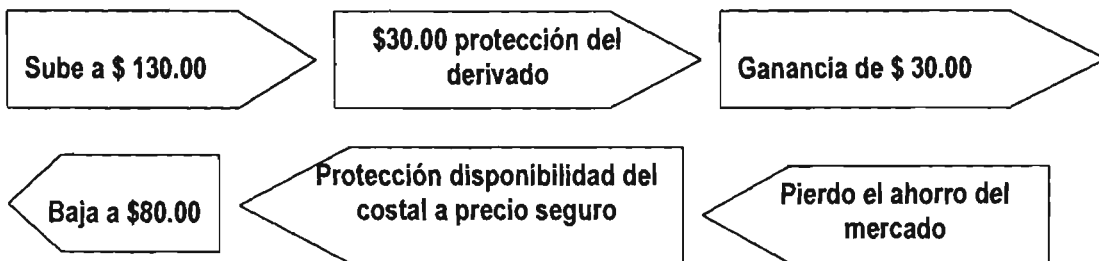
Precio forward

La parte que acepta comprar el artículo especificado toma una posición larga y la que acepta vender toma una posición corta.

### **Ejemplo**

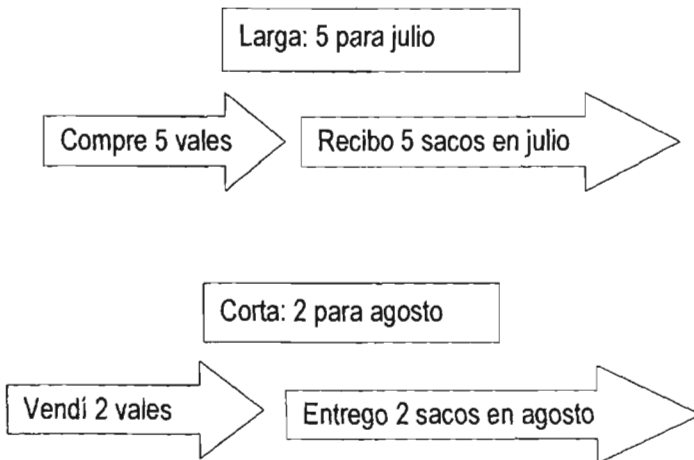
Me dan un vale por un costal de maíz el día 15 de abril para entregar el 15 de julio, el bien (subyacente o de referencia) es el costal de maíz, y el vale sería el contrato de futuro (derivado). El precio o valor de ese vale por un costal de maíz va a cambiar según suba o baje el precio del maíz. El día de la entrega (15 de julio) tengo dos opciones, una de ellas es que pueden darme mi costal de maíz sin importar lo que valga pues ya tengo el vale por un costal de maíz o bien si necesito dinero, alguien me puede comprar el vale y yo lo vendería a lo que en ese momento valga el costal de maíz.

Para protegerme ante un cambio brusco de precios, y siguiendo el caso del vale del costal de maíz, si al adquirir el vale éste me cuesta \$100.00 y durante el tiempo de vigencia o al vencimiento del vale, ocurre un cambio en el precio, debido a fluctuaciones en el mercado, tendría las siguientes situaciones:



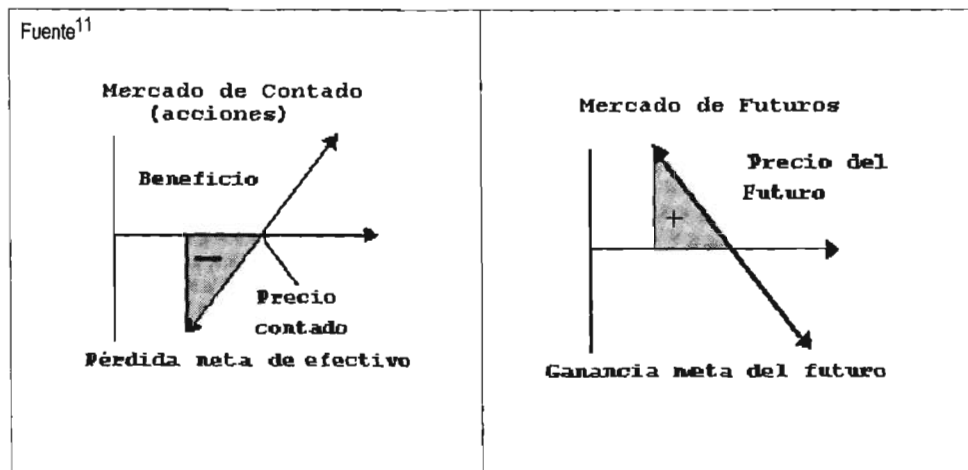
Como existen diferentes series de contratos (diferentes fechas de entrega) se pueden tener posiciones diferentes para diferentes fechas (diferentes series). Por ejemplo:

## Posición:



### 2.1.3 FORWARDS

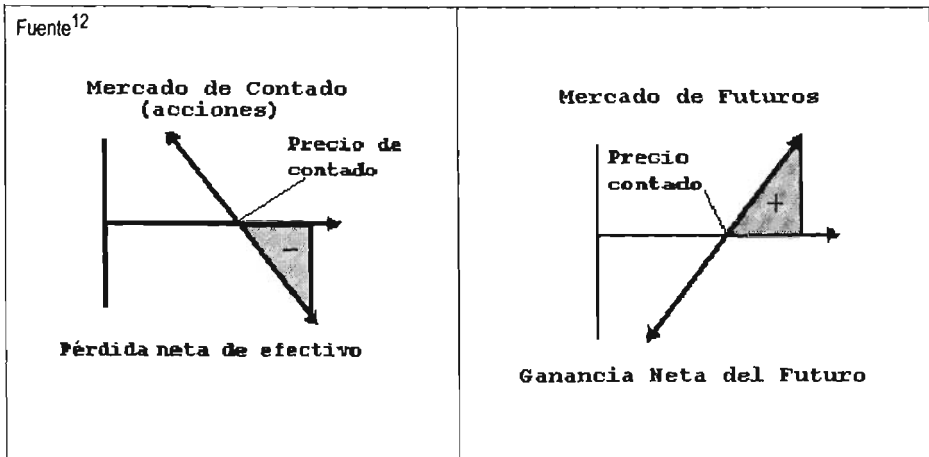
(Contratos de precio adelantado) son futuros que se operan en forma privada (sin intervención de una cámara de compensación) por lo que no tienen mercado secundario y el establecimiento de colaterales es negociable entre las partes. Sólo puede realizarse hasta su vencimiento.



<sup>11</sup> Valoración de Derivados; Viviana Fernández M, Trabajo docente no. 64, Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 1999.



Fuente<sup>12</sup>



### Ejemplo

Un agricultor sembró trigo, falta un mes para la cosecha. Para eliminar el riesgo asociado con la incertidumbre acerca del precio futuro, puede vender la cosecha ahora a un precio fijo para entregar el trigo después.

También hay un panadero que va a necesitar trigo dentro de un mes para producir pan. Para eliminar el riesgo asociado con la incertidumbre acerca del precio futuro, puede comprar trigo ahora para una entrega posterior.

El agricultor y el panadero acuerdan un precio forward que el panadero pagará al agricultor en la fecha de entrega, a cambio de una cantidad especificada de trigo.

Supongamos que el monto de la cosecha es de 100,000 bushels y el precio forward para entrega dentro de un mes es de \$2 por bushel.

Vamos a analizar el supuesto de tres precios diferentes en la fecha de entrega.

Transacción	Precio spot en la fecha de entrega		
	\$1.50 (1)	\$2.00 (2)	\$2.50 (3)
Ingresos de la venta			
De trigo al distribuidor	\$150,000	\$200,000	\$250,000
Flujo de efectivo del Contrato de futuros	\$ 50,000 pagados al agricultor		\$ 50,000 pagados por el agricultor
Ingresos totales	\$200,000	\$200,000	\$200,000

<sup>12</sup> Valoración de Derivados; Viviana Fernández M, Trabajo docente no. 64, Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 1999.

Transacción	Precio spot en la fecha de entrega		
	\$1.50 (1)	\$2.00 (2)	\$2.50 (3)
<b>Costo del trigo comprado</b>			
Del proveedor	\$150,000	\$200,000	\$250,000
Flujo de efectivo del Contrato de futuros	\$ 50,000 pagados por el panadero		\$ 50,000 pagados al panadero
Gastos totales	\$200,000	\$200,000	\$200,000

1 bushel = 278.42 millones de toneladas),

El agricultor puede eliminar el riesgo de precio que enfrenta por poseer el trigo, tomando una posición corta en un contrato de futuros, vendiendo el trigo para una entrega futura a un precio de futuros. El panadero también puede eliminar el riesgo de precio que enfrenta tomando una posición larga en el mercado de futuros de trigo, comprando el trigo para una entrega futura a un precio fijo. Los contratos de futuros permiten que tanto el agricultor como el panadero cubran sus exposiciones al riesgo de precio mientras continúan sus relaciones normales con distribuidores y proveedores.<sup>13</sup>

## 2.1.4 DIFERENCIA ENTRE FORWARD, FUTUROS Y OPCIONES

	Forward	Futuros	Opciones
<b>Contrato</b>	Operación a plazo que obliga a comprador y a vendedor	Operación a plazo que obliga a comprador y a vendedor	Operación a plazo que obliga al vendedor. El comprador tiene la opción, pero no la obligación
<b>Tamaño</b>	Determinado según transacción y las necesidades de las partes contratantes	Estandarizado	Estandarizado
<b>Fecha Vencimiento</b>	Determinada según la transacción	Estandarizada	Estandarizada, si bien en muchos casos (opciones americanas) pueden ejercerse durante un determinado periodo sin esperar a vencimiento. Se denominan opciones europeas aquellas con fecha de ejercicio el último día del periodo
<b>Método de transacción</b>	Contratación y negociación directa entre comprador y vendedor	Actuación y cotización abierta en el mercado	Actuación y cotización abierta en el mercado

<sup>13</sup> Bodie Merton; Finanzas, 1ª Edición, Prentice may. Págs.286 - 288

<b>Aportación garantías</b>	No existe. Resulta muy difícil deshacer la operación; beneficio o pérdida al vencimiento del contrato	El margen inicial lo efectúan ambas partes contratantes, si bien los complementarios se llevarán a cabo en función de la evolución de los precios de mercado "marking to market"	El tomador del contrato pagará una prima que a su vez cobrará el vendedor del mismo. El vendedor aportará un margen inicial y otros complementarios en función de la evolución de los mercados. También puede aportar como garantía el activo subyacente
<b>Mercado secundario</b>	No existe. Resulta muy difícil deshacer la operación; beneficio o pérdida al vencimiento del contrato	Mercado organizado "Bolsa de Futuros". Posibilidad de "deshacer" la operación antes de su vencimiento. Beneficio o pérdida materializable en cualquier momento	Mercado organizado "Bolsa de Opciones". Posibilidad de "deshacer" la operación antes de su vencimiento; beneficio o pérdida materializable en cualquier momento
<b>Institución garante</b>	Los propios contratantes	Cámara de Compensación "Clearing House"	Cámara de Compensación "Clearing House"
<b>Cumplimiento del contrato</b>	Mediante la entrega por diferencias	Posible entrega al vencimiento, pero generalmente se cancela la posición anticipadamente con una operación de signo contrario a la previamente efectuada. También se puede liquidar por diferencias.	Posible entrega por ejercicio de la posición "long", o bien por liquidación al vencimiento por diferencias, pero generalmente se cancela la posición anticipadamente por estar "out of the money" para la posición larga.

## 2.1.5 SWAPS

Contratos mediante los cuales se establece la obligación bilateral de intercambiar flujos de efectivo en fechas futuras preestablecidas, sobre el valor de referencia (conocido como notional amount).

El mercado internacional de swaps empezó a principios de la década de los 80s, ha crecido con rapidez. Además de los swaps de divisas o valores, de tasas de interés, rendimientos y commodities. También se pueden intercambiar muchos otros artículos, y de hecho se hace a través de contratos swap (barriles de petróleo).

Los pagos se basan en una suma de capital o principal acordada (el monto notional). No hay un pago inmediato de dinero y, por lo tanto, el acuerdo swap en sí mismo no proporciona fondos a ninguna de las partes.

Equivale a una serie de contratos forward. La suma notional en el contrato swap corresponde al valor nominal de los contratos forward implícitos.

Los swaps son utilizados para reducir o mitigar los riesgos de tasas de interés, riesgo sobre el tipo de cambio y en algunos casos son utilizados para reducir el riesgo de crédito.

## ➤ CLASIFICACIÓN

*Swaps de tipos de interés (swap de vainilla):* una parte de la transacción se compromete a pagar a la otra un tipo de interés fijado por adelantado sobre un nominal también fijado por adelantado, y la segunda parte se compromete a pagar a la primera un tipo de interés variable sobre el mismo nominal. El único intercambio que se realiza son los pagos de interés del capital.

*Swaps de divisas:* es una variante del swap de tipo de interés, en que el nominal sobre el que se paga el tipo de interés fijo y el nominal sobre el que se paga el tipo de interés variable son de dos monedas distintas.

*Swaps sobre materias primas:* Tras la aparición de estos swaps, ha sido posible separar el riesgo de precio de mercado del riesgo de crédito, y convertir a un productor de materias primas en una simple fabrica que procesa materiales sin tomar riesgo de precio.

*Swaps de índices bursátiles:* el mercado de los swaps sobre índices bursátiles permite intercambiar el rendimiento del mercado de dinero por el rendimiento de un mercado bursátil.

### Ejemplo

Tenemos un negocio de juegos educativos de México y una compañía de Guatemala quiere adquirir los derechos para producir y vender los juguetes en Guatemala. La compañía guatemalteca pacta pagar 100,000 quetzales cada año durante los próximos diez años por los derechos.

**Tipo de cambio: \$0.70 por quetzal**

**Suma nocional (capital) en su contrato swap es de 100,000 quetzales anuales.**

Supongamos que ese tipo de cambio se aplica a todos los contratos forward que abarcan los próximos 10 años.

Al suscribir el contrato swap, la compañía de juguetes mexicana asegura un ingreso de \$70,000 anuales.

**Dentro de un año**

**Tipo de cambio spot \$0.60 por quetzal.  
Tipo de cambio forward \$0.70 por quetzal.**

**Compañía guatemalteca  $(.70-.60)*100,000=10,000$  quetzales**

**Ingresos totales  
10,000 de Cía guatemalteca y 60,000 de ganancia =70,000.00 quetzales**

**Gano 10,000 quetzales por contrato swap**

**En el segundo año**

**Tipo de cambio spot \$0.80 por quetzal.  
Tipo de cambio forward \$0.70 por quetzal.**

**Compañía mexicana  $(.80-.70)*100,000=10,000$  quetzales**

**Ingresos totales  
80,000 – 10,000 para Cía guatemalteca =70,000.00 quetzales**

**Dejo de ganar 10,000 quetzales por contrato swap**

## **2.1.6 WARRANTS**

Los warrants son opciones negociables en forma de un título valor, que otorgan a su propietario el derecho, pero no la obligación, a comprar (call) o vender (put) una cantidad determinada de activo financiero (subyacente), a un precio prefijado (precio de ejercicio o strike), durante un período de tiempo o en una fecha determinada (vencimiento), a cambio del pago de un precio (prima).

Los títulos warrant son utilizados por las empresas cuando estas tienen un sobrante de capital y desean invertir en títulos o cuando esperan que sus rendimientos futuros esperados basados en los activos obtengan un flujo final positivo frente a la negociación warrant.

Subyacentes posibles de un warrant; acciones, portafolios de acciones, obligaciones, divisas, materias primas, índices de bolsa, tipos de interés, tipos de cambio, en unas condiciones determinadas. En cada momento, se usa como base para determinar el valor del warrant. El precio del activo subyacente no es, sin embargo, la única variable que determina el precio del warrant.

### PRECIO DE EJERCICIO (STRIKE)

Es el precio al que se fija el derecho a comprar o vender el activo subyacente. Para los Warrants Call cuanto más alto sea el precio de ejercicio, menor será la Prima (más barato será el derecho de compra). Para los Warrants Put cuanto más alto sea el precio de ejercicio, mayor será la Prima (más caro será el derecho de venta), y viceversa.

Cada warrant puede dar derecho a comprar una fracción del subyacente, una unidad o varias unidades del mismo. Esto vendrá indicado por el Ratio del warrant o por la Paridad, que es su inverso.

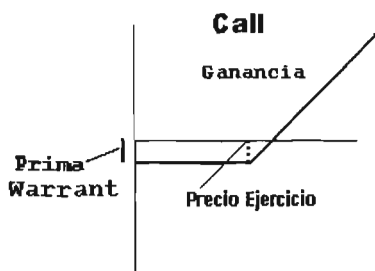
### RATIO

Cantidad de activo financiero a la que se tiene derecho por cada Warrant (por ejemplo, 1:10)

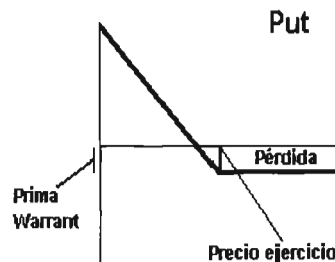
### PARIDAD

Numero de Warrants necesarios para comprar/vender una unidad de activo (por ejemplo, 10:1)

Si se piensa que va a subir Call (derecho a comprar)<sup>14</sup>



Si piensa que va a bajar Put (derecho de venta)



<sup>14</sup> [www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml](http://www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml)

Warrants Americanos	Warrants Europeos
Derecho ejercitable en cualquier momento de la vida de la opción	Derecho ejercitable sólo en la fecha de vencimiento

Dependiendo de cómo sea el precio de ejercicio (strike) con respecto a la cotización del activo subyacente (Acciones, Indices) en cada momento (spot), podemos clasificar los Warrants en "dentro del dinero" (in the money), "en el dinero" (at the money) y "fuera del dinero" (out of the money).

	ITM Dentro del dinero	ATM En el dinero	OTM Fuera del dinero
Warrant Call	Precio de ejercicio menor que el precio del Activo Subyacente.	Precio ejercicio igual o Cercano al precio del Activo Subyacente	Precio de ejercicio mayor que el precio del Activo Subyacente.
Warrant Put	Precio de ejercicio mayor que el precio del Activo Subyacente.	Precio ejercicio igual o muy cercano al precio del Activo Subyacente.	Precio de ejercicio menor que el precio del Activo Subyacente.

### Ejemplo 1

Cuando la acción de Telefónica cotiza en mercado a 21 eur, el inversionista podría adquirir el derecho a comprar esa acción a un precio fijo de 21 eur (warrant call con strike 21) en cualquier momento desde hoy hasta la fecha de vencimiento (warrant americano) o solamente en la fecha de vencimiento (warrant europeo), pagando 0.36 eur.

### Ejemplo 2

1 dólar por 11.57 pesos

Por medio de un warrant con paridad 1000:1 Se puede adquirir el derecho sobre un nominal de 115.700

PARIDAD	RATIO
Warrant: subyacente 1000:1	Subyacente: Warrant 1:1000

### Ejemplo 3

Supongamos que un inversionista adquirió un warrant call sobre acciones de una empresa con strike 11 Eur, y ratio 1:1.

Precio de la acción a vencimiento 13 Eur  
Liquidación:  $13 - 11 = 2$  Eur por cada warrant

Precio de la acción a  
vencimiento 10 Eur  
Liquidación: 0



El inversionista no ejercitaría su warrant; simplemente perdería la prima que pagó por adquirir el warrant, pero no deberá hacer ninguna liquidación adicional.

#### 2.1.7 COBERTURA DEL RIESGO DEL DÉFICIT MEDIANTE EL BALANCE DE ACTIVOS Y PASIVOS.

Los intermediarios financieros que venden planes de ahorro de seguros y otros contratos de seguros, necesitan garantizar a sus clientes que el producto que están comprando este libre de riesgo de incumplimiento. Una forma de hacerlo es que las compañías cubran sus pasivos en los mercados financieros por medio de inversión en activos que sean equivalentes a las características de sus pasivos.

Estos activos pueden ser:

- Cupones cero libre de incumplimiento;
- Bonos de tasa flotante;
- Inversión en bonos de tasa fija a largo plazo;
- Un contrato swap para intercambiar la tasa fija que recibe de sus bonos por una tasa flotante;
- Inversiones en Valores, Depósitos, Préstamos y Descuentos, Inmuebles, y Otros activos.

Es importante que el régimen de inversión que se establezca considere los riesgos a los que están expuestas las inversiones, tales como: riesgos de depreciación, de liquidez, de descalce, de mercado o de tasa de interés, de crédito, de valuación de inversiones, de participación y el relacionado con el uso de instrumentos financieros derivados. Por ello es esencial establecer los parámetros encaminados a minimizar la exposición de las inversiones.



## **2.2 ASEGURAMIENTO**

Significa pagar una prima (el precio del seguro) a una compañía de seguros para evitar pérdidas conservándose el potencial de ganancia, a diferencia de la cobertura.

Las compañías de seguros son intermediarias, permiten a los individuos y a las empresas desprenderse de riesgos específicos por medio de la compra de contratos (pólizas), pagando una compensación en efectivo si llegan a ocurrir ciertos eventos específicos (deducible).

Las pólizas de seguros son activos para los individuos y empresas que los adquieren y obligaciones o pasivos para las compañías de seguros.

## **2.3 DIVERSIFICACIÓN**

Significa mantener cantidades similares de muchos activos riesgosos en vez de concentrar toda la inversión en uno solo.

Es más probable que los ganadores espectaculares sean los inversionistas no diversificados, pero al mismo tiempo es más probable que tengan las pérdidas espectaculares. Al diversificarse se reducen las posibilidades de acabar en cualquiera de los dos extremos.

## Capítulo 3

### Métodos de Evaluación del Riesgo

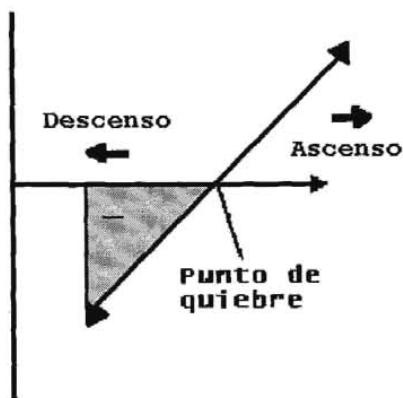
#### 3.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realiza mediante estimaciones posibles de rendimiento para poder obtener una idea de la variación entre los resultados.

Permite conocer qué variables de riesgo son importantes (como fuente de riesgo)

Una variable es importante dependiendo de:

- Su participación porcentual en los beneficios o costos
- Su rango de valores probables



El análisis de punto de quiebre permite determinar cuánto una variable puede cambiar hasta que el rendimiento se vuelva negativo.

#### Limitaciones del Análisis de Sensibilidad

Un análisis basado en el cambio de una sola variable no es realista porque las variables están correlacionadas.

## Ejemplo

Una fábrica produce en la actualidad y en forma manual un cierto artículo. La producción de cada empleado es de cinco (5) unidades diarias y se le pagan \$1,000 diarios.

Se presenta la posibilidad de adquirir una máquina que puede producir hasta 100 unidades diarias que cuesta \$600,000 y tiene un costo anual de operación de \$30,000. Para el primer año y cada año subsiguiente, el costo de operación se incrementa en un 15%, necesita de un solo operario y se estima que se le podrá pagar un sueldo diario de \$2,500

Determinar hasta qué punto es rentable el trabajo manual, el cual se llamará plan A y en que momento es rentable la compra de la máquina que se puede poner a trabajar al máximo de su capacidad, el cual se nombrará como plan B, suponiendo una Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del 30%.

	Plan A	Plan B
Costo de un artículo	$100/5 = 200$	$2500/100 = 25$
Costo total	$200X$	$25X$

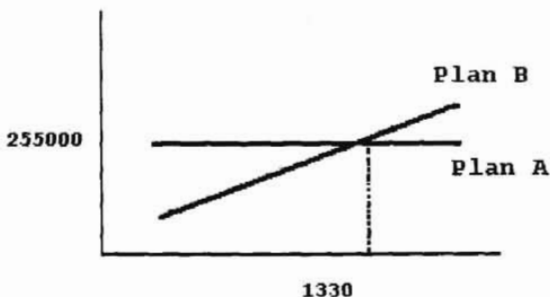
### Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)

$$\text{CAUE} = 600.000/a^{10-30\%} + 30.000 [(1.15)^{10} (0.2)^{-10}]/(0.15 - 0.3) (a^{10-30\%}) - 300.000/S^{10-30\%} + 25X$$

$$\text{CAUE} = 232.747 + 25X$$

	Plan A	Plan B
X	Costo A	Costo B
500	100	245.247
1330	266	266.000
2000	400	282.747

$$\begin{aligned} \text{Punto de equilibrio} \\ 200X &= 232.747 + 25X \\ X &= 1.330 \text{ unidades} \end{aligned}$$



### **Decisión riesgosa**

Debido a que cualquier error sobre la estimación de producción puede cambiar la decisión de un plan a otro.

Producción anual < 1330 Mejor plan A  
 Producción anual > 1330 Mejor plan B

### **Decisión más segura**

Prácticamente se vuelve insensible a errores de producción.

Producción anual < 1000 Mejor plan A  
 Producción anual > 2000 Mejor plan B

### **Índice de sensibilidad K:**

$$K = 1330 - 2000 / 2000 = - 33.5\%$$

Lo cual significa que una disminución del 33.5% no alcanza a cambiar la decisión.

Si se supone una producción de 1.200 unidades

$$K = 1330 - 1200 / 1200 = 11\%$$

Significa que un aumento de producción del 11% que equivaldría a unas  $1.200 * 0.11 = 132$  unidades no alcanza a cambiar la decisión.

### 3.2 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

El análisis de escenarios reconoce que ciertas variables están correlacionadas.

Como resultado, un pequeño número de variables puede ser alterado de manera consistente al mismo tiempo.

Se realiza mediante estimaciones posibles de rendimiento para poder obtener una idea de la variación entre los resultados.

Uno de los métodos más comunes es el de hacer tres estimaciones:

- Pesimistas (las peores),
- Más probables (esperadas) y
- Optimistas (las mejores).

El riesgo del activo se puede medir por el rango de los rendimientos. El rango se obtiene restando el resultado pesimista del optimista. Cuanto mayor es el rango, mayor es la variabilidad, o riesgo que se dice que tiene el activo.

$$r = \text{Optimista} - \text{Pesimista}$$

$$r = \text{rango}$$

El uso del análisis de sensibilidad y de escenarios es rudimentario, pero, proporciona una idea del comportamiento de los rendimientos, la cual se puede utilizar para estimar el riesgo implicado.

## Ejemplo

La compañía Acuática, fabricante de equipo de natación, quiere elegir la mejor de dos inversiones, A y B. Cada una requiere un desembolso inicial de \$20,000 y cada una tiene una tasa de rendimiento anual más probable de 15%, las estimaciones de los dos activos quedan.

### Activos A y B

	A	B
Inversión inicial	\$20,000	\$20,000
Tasa de rendimiento anual		
Pesimista	13%	7%
Más probable	15%	15%
Optimista	17%	23%
Rango	4%	16%

El activo A es menos riesgoso que el B, su rango es menor que el rango del activo B. Si se es adverso al riesgo se escogerá el activo A, ya que ofrece el mismo rendimiento más probable que B con un riesgo más bajo.

### 3.3 MEDICIÓN DEL RIESGO POR MEDIO DE ESTADÍSTICAS

Distribución de probabilidad.

Es un modelo que relaciona las probabilidades con los resultados asociados.

Para medir el riesgo y la variación de los rendimientos de un activo, desde el punto de vista cuantitativo, se pueden usar dos indicadores estadísticos:

La desviación estándar.  
El coeficiente de variación.

## Tasa esperada de rendimiento

El rendimiento más probable de un activo es el valor esperado del rendimiento.	Cuando se conocen todos los resultados y se supone que todas las probabilidades relacionadas son iguales. La fórmula se reduce a un simple promedio aritmético.
$k = \sum_{j=1}^n k_j Pr_j$	$k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_j$
$k$ = rendimiento esperado $k_j$ = rendimiento del resultado $j$ ésimo $Pr_j$ = probabilidad de ocurrencia del resultado $j$ ésimo $n$ = número de resultados considerados	

## Desviación estándar de los rendimientos

Mide la dispersión en torno al valor esperado.	Cuando se conocen todos los resultados y se supone que todas las probabilidades relacionadas son iguales.
$\sigma_k = \sqrt{\sum_{j=1}^n (k_j - \bar{k})^2 Pr_j}$	$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (k_j - \bar{k})^2}{n-1}}$

La estadística que más se usa en finanzas para cuantificar y medir la volatilidad de la distribución de probabilidades del rendimiento es la desviación estándar.

## Coefficiente de variación

Es una medida de la dispersión relativa que es útil al comparar los riesgos de activos con diferentes rendimientos esperados

$$CV = \frac{\sigma_k}{k}$$

Cuanto más alto es el coeficiente de variación, mayor es el riesgo.

El coeficiente de variación es muy útil para comparar los riesgos de activos que tienen rendimientos esperados diferentes.

## Correlación

Cuando se combinan dos activos riesgosos, la correlación entre las dos tasas de rendimiento es muy importante en la determinación de la desviación estándar de la cartera resultante. La correlación significa el grado en el que las tasas de rendimiento de los activos tienden a moverse juntas.

El grado de correlación entre dos activos diferentes es importante para la reducción del riesgo mediante la diversificación.

### Ejemplo 1

Usando el mismo ejemplo de la compañía Acuática, visto en el análisis de escenarios. Le damos un peso probabilístico a cada uno de los escenarios.

#### Activos A y B

	A	B	Probabilidad
Inversión inicial	\$20,000	\$20,000	
Tasa de rendimiento anual			
Pesimista	13%	7%	.25
Más probable	15%	15%	.50
Optimista	17%	23%	.25
			1
Rango	4%	16%	

### Ejemplo 2

Valores esperados y desviación estándar

Valores esperados de los rendimientos de los activos A y B, de la compañía Acuática.

Resultados posibles	Probabilidad (1)	Rendimientos (2)	Rendimiento esperado (3)
Activo A			
Pesimista	25 %	13 %	3.25 %
Más probable	50	15	7.50
Optimista	25	17	4.25
Total	1.00		Rendimiento esperado 15 %
Activo B			
Pesimista	25 %	7 %	1.75 %



Más probable	50	15	7.50	
Optimista	25	23	5.75	
Total		1.00	Rendimiento esperado	15 %

Cálculo de la desviación estándar de los rendimientos para los activos A y B

j	$k_j$	$\bar{k}_j$	$k_j - \bar{k}_j$	$(k_j - \bar{k}_j)^2$	$Pr_j$	$(k_j - \bar{k}_j)^2 Pr_j$
<b>Activo A</b>						
1	13 %	15 %	-2 %	4 %	.25	1 %
2	15	15	0	0	.50	0
3	17	15	2	4	.25	1
$\sum_{j=1}^3 (k_j - \bar{k}_j)^2 Pr_j = 2\%$				$\sigma_{k_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^3 (k_j - \bar{k}_j)^2 Pr_j} = \sqrt{2} = 1.41\%$		
<b>Activo B</b>						
1	7 %	15 %	-8 %	64 %	.25	16 %
2	15	15	0	0	.50	0
3	23	15	8	64	.25	16
$\sum_{j=1}^3 (k_j - \bar{k}_j)^2 Pr_j = 32\%$				$\sigma_{k_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^3 (k_j - \bar{k}_j)^2 Pr_j} = \sqrt{32} = 5.66\%$		

### Ejemplo 3

En el ejemplo 2 de los activos A y B, de la compañía Acuática

Los rendimientos esperados de A y B son iguales a 15 %.

Desviaciones de A = 1.41 % y de B = 5.66 %

$$CV_A = \frac{1.41}{15} = 0.094 \quad \longrightarrow \quad CV_B = \frac{5.66}{15} = 0.377$$

Como B tiene el coeficiente de variación más alto es más riesgoso que A.

Los ejemplos vistos anteriormente fueron elaborados mediante distribuciones de probabilidad discreta, pero el rango de rendimientos no se concreta a unos cuantos valores numéricos, sino puede ser prácticamente cualquier número. Por lo tanto la distribución de rendimientos es una distribución continua de probabilidades; la que se utiliza con mayor frecuencia es la distribución Normal.

Para la distribución normal y otras distribuciones simétricas, la desviación estándar es la medida natural de la volatilidad.

La distribución normal abarca un rango de tasas de la desviación estándar de menos infinito a más infinito. Se utilizan intervalos de confianza para encontrar el rendimiento real durante un periodo.

### 3.4 DISTRIBUCIONES LIBRES DE RIESGO

A las distribuciones de probabilidad resultantes de calibrar el precio del activo subyacente se les llama distribuciones "libres de riesgo" y a las probabilidades asignadas a cada posible valor del subyacente en el futuro probabilidades "libres de riesgo" (risk neutral probabilities). La razón es la siguiente: En el caso de la distribución binomial calibrar al precio del subyacente significa que PU y PD son de tal forma que

$$S_i \frac{E(S_T)}{S_i} = \frac{E(S_T)}{1+r}$$

Entonces el rendimiento esperado del activo está dado por

$$E\left(\frac{S_T}{S_i}\right) = \frac{E(S_T)}{S_i} = 1+r$$

Es decir, el activo subyacente riesgoso tiene el mismo rendimiento esperado que un activo libre de riesgo: meter tu dinero al banco para tener una ganancia segura de  $1 + r$ .

Ejemplo:

Al quedar en el modelo binomial determinadas las probabilidades de que el subyacente adquiere los valores SU o bien SD, podemos valorar cualquier producto derivado que dependa únicamente del precio ST del subyacente al tiempo T.

### 3.5 EL MODELO BINOMIAL

Suponemos que el activo subyacente solo puede tomar dos posibles valores al tiempo T:

$$\begin{aligned} S_T^U &= U S_i \text{ con probabilidad } P_u \\ S_T^D &= D S_i \text{ con probabilidad } P_d \end{aligned}$$

$D < U$

Como estamos trabajando con un solo periodo de tiempo omitimos la T.

El modelo binomial sirve como aproximación a un modelo en tiempo continuo si hacemos el intervalo de tiempo  $T - t > 0$  lo suficientemente pequeño.

Al proponer el modelo binomial para algún activo subyacente, debemos escoger los parámetros (es decir la probabilidad  $P_u$ ) de tal manera que el modelo esté por lo menos calibrado al precio del activo subyacente. Es decir:

$$S_t = \frac{S_D P_D + S_U P_U}{(1+r)}$$

**$S_t$**  = Valor del activo en el tiempo t  
 **$S_U$**  = Valor del activo a la alza  
 **$S_P$**  = Valor del activo a la baja  
 **$P_u$**  = Probabilidad que el valor del activo suba  
 **$P_D$**  = Probabilidad que el valor del activo baje  
 **$r$**  = Tasa de interés corriente (interés simple) por periodo

Esto es suficiente para determinar las probabilidades, pues estas deben sumar uno y no negativas, por lo que tenemos un sistema lineal de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\begin{aligned} S_D P_D + S_U P_U &= (1+r) * S_T \\ P_D + P_U &= 1 \end{aligned}$$

$$P_U = \frac{1+r-D}{U-D}$$

$$P_D = \frac{U-1-r}{U-D}$$

**$P_U > 0$  y  $P_D > 0$**

$$C = \frac{P^2 C_{UU}}{r^2}$$

Para obtener probabilidades positivas se pone la siguiente restricción sobre los parámetros  $u$ ,  $d$ ,  $r$  del modelo binomial.

**$D < 1+r < U$**

## Ejemplo

Tenemos un Call sobre acciones de una empresa con las siguientes características:

$T = 1$
$S = 50$
$S_U = 75$
$S_D = 40$
$r = 0.1$
$K = 60$

$$D = \frac{40}{50} = 0.8$$

$$U = \frac{75}{50} = 1.5$$

$K$  = Precio del activo

Las probabilidades "calibradas" son:

$$P_U = \frac{1+r-D}{U-D} = \frac{1.1-0.8}{1.5-0.8} = \frac{3}{7}$$

$$P_D = \frac{U-1-r}{U-D} = \frac{1.5-1.1}{1.5-0.8} = \frac{4}{7}$$

Dadas las probabilidades  $P_U = 3/7$  y  $P_D = 4/7$  podemos evaluar el call de la siguiente manera:

		<b><u>Flujo Originado por el Call</u></b>
$S_U = 75$	→	$(75 - 60)_+ = 15$
$S_t = 50$		
$S_D = 40$	→	$(40 - 60)_+ = 0$
		<hr/>

$$\text{Valor del Call: } E[(S_T - K)] / (1+r) = [15 * 3/7 + 0 * 4/7] / 1.1 \\ = \$5.85$$

Tiene sentido financiero que  $P_U < P_D$  porque el precio de la acción hoy es mas cercano al valor de  $S_U$  lo cual implica que el mercado le "asigna" una mayor probabilidad a que la acción baje de precio.

En el caso de que  $U = 1.2$  y  $D = 0.8$  tenemos que  $SU = 60$  y  $SD = 40$ , si  $r = 0$  entonces  $PU = 0.5$ . Es decir el mercado asigna igual probabilidad a que la acción suba o baje de precio.

En el caso de que  $U = 1.2$  y  $D = 0.8$  tenemos que  $SU = 60$  y  $SD = 40$ , si  $r = 0.1$  entonces  $PU = 0.75$ . El mercado asigna mayor probabilidad a que la acción suba de precio, pues a pesar de que suban o bajen en la misma proporción (20%), la presencia de una tasa de interés positiva introduce una asimetría.

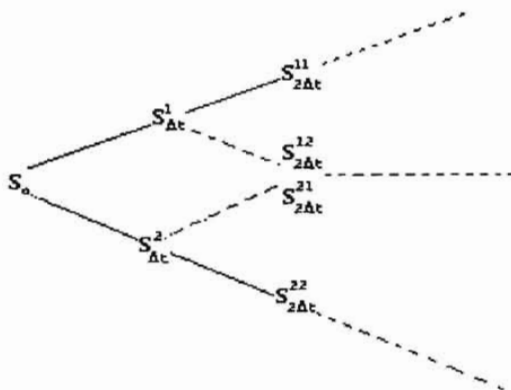
### 3.5.1 ARBOL BINOMIAL

El propósito es reproducir el modelo binomial una y otra vez sobre periodos cortos de tiempo para obtener por agregación un modelo aceptable para periodos de tiempo más grandes.

Supongamos entonces que nos interesa modelar en período de tiempo de  $t = 0$  (hoy) a  $T$  (uno o más años) donde dividimos el intervalo de tiempo en  $N$  subintervalos de tamaño  $\Delta t$  lo suficientemente chico.

$$T = N \Delta t$$

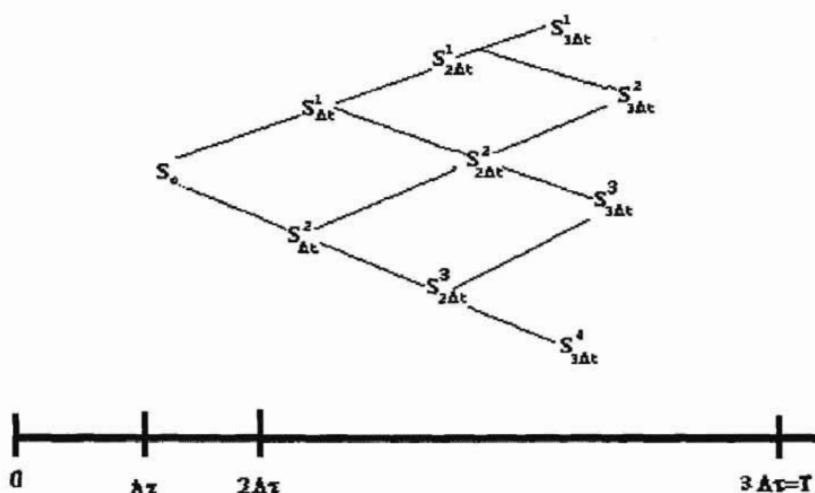
Supongamos un activo riesgoso  $S$  (una acción), que al tiempo  $t$  el activo  $S_0$  puede tomar uno de dos valores (modelo binomial) digamos  $S^1_{\Delta t}$ ,  $S^2_{\Delta t}$ . Dependiendo del valor que tome, al tiempo  $2\Delta t$  podrá tomar dos valores en cada uno de los nodos del árbol: Estando parado en el nodo  $S^1_{\Delta t}$ , podrá tomar los valores  $S^{11}_{2\Delta t}$  o bien  $S^{12}_{2\Delta t}$ , estando parado en el nodo  $S^2_{\Delta t}$ , podrá tomar los valores  $S^{21}_{2\Delta t}$  o bien  $S^{22}_{2\Delta t}$ , y así sucesivamente hasta llegar al tiempo  $N\Delta t = T$ .<sup>15</sup>



<sup>15</sup> Valoración de Derivados; Viviana Fernández M, Trabajo docente no. 64, Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 1999.

Así, al final del periodo (T) tendremos un árbol binomial muy "frondoso" con  $2^N$  nodos finales denotado por  $S_{N\Delta\tau}^{j_1 j_2 \dots j_N}$  donde los índices  $j_j$  con  $j = 1, \dots, N$  denotan variables binarias que toman los valores 1 o 2 describen el pasado del activo (como fue que llegó al nodo en que se encuentra).

$2^N$  puede ser un número muy grande y no manejable de nodos. Con  $N = 30$  tendremos aproximadamente mil millones de nodos. Por ello en la práctica se usan árboles binomiales recombinantes, donde el precio a la baja de un nodo superior y el precio a la alza de un nodo inferior se tocan en el mismo punto.<sup>16</sup>



Al tiempo  $T = N\Delta\tau$  tendremos  $N+1$  nodos en nuestro árbol. El número de nodos crece de manera lineal con el número de intervalos de tiempo.

El modelo binomial es un caso particular de árbol recombinante. En este modelo se permite que el activo suba en un periodo de tiempo dado por un porcentaje  $u$  o baje en un porcentaje  $d$ . Así, al tiempo  $T = N\Delta\tau$  el activo pudo haber sido sujeto de  $j$  alzas y de  $(N-j)$  bajas para obtener el valor

$$S_0 u^j d^{N-j}$$

<sup>16</sup> Valoración de Derivados; Viviana Fernández M, Trabajo docente no. 64, Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 1999.

Este árbol tiene la gran ventaja no solo de linealizar el número de nodos, también simplifica enormemente el modelo, pues la totalidad del modelo depende solamente de dos parámetros  $u$  y  $d$ . Mientras que en el árbol recombinante general, los parámetros  $u$  y  $d$  podrían cambiar de nodo en nodo.

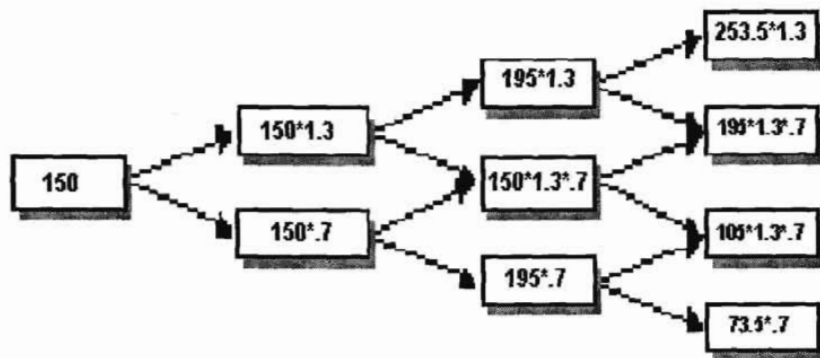
### Ejemplo

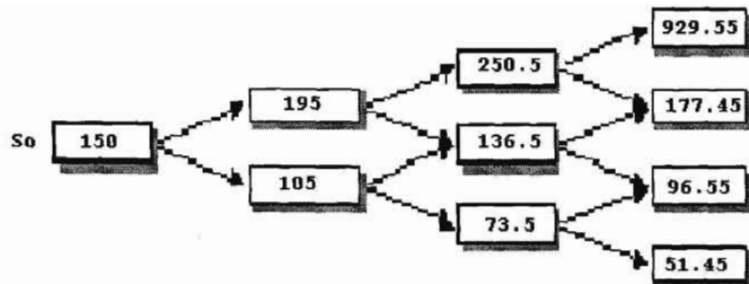
Calcular los precios de equilibrio de opciones call a través del árbol Binomial.

Suponemos que existe una acción caracterizada por:

$u =$	13
$d =$	0.7
$S_0 =$	\$ 150
$T =$	\$ 0.25

En los próximos tres períodos, sus precios podrán seguir cualquier camino en el siguiente árbol binomial:





### 3.6 LA FÓRMULA DE BLACK-SCHOLES (1973)

#### Supuestos del Modelo

Valoración de una *call* europea. La derivación de dicha fórmula se basa en los siguientes supuestos:

- Los mercados financieros no tienen fricciones:
- (i) No hay impuestos o costos de transacción.
  - (ii) Todos los activos son perfectamente divisibles.
  - (iii) No hay restricciones a las ventas cortas de activos.

Las tasas de interés para prestar y pedir prestado son iguales y constantes entre  $t=0$  (hoy) y  $T$  (fecha de vencimiento del activo). Asumiremos que la tasa de interés por periodo,  $r$ , es compuesta continuamente.

Un bono cero-cupón libre de riesgo  
Que paga un \$1 en  $t_2$   
 $B(t_1, t_2) = \exp[-r(t_2 - t_1)]$  en  $t_1$

La acción, activo subyacente, no paga dividendos entre 0 y  $T$ .  
El precio de la acción sigue un proceso lognormal.

$$\ln \frac{S(t_2)}{S(t_1)} \sim N(\mu(t_2 - t_1), \sigma^2(t_2 - t_1))$$



A fin de evitar operaciones de arbitraje<sup>17</sup>, el valor de la *call* en  $t=0$  debe ser igual al del portafolio réplica en  $t=0$ .

El precio de una *call* europea en una acción está dada por:

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \left( \left( \ln(S/K) + (r + (D/2)) \cdot t \right) / (D \cdot t^{1/2}) \right)$$

$$d_2 = d_1 - (D \cdot t^{1/2})$$

El precio de una *put* europea escrita bajo las mismas condiciones estará dado por:

$$P = -S \cdot N(-d_1) + K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(-d_2)$$

$$N(-d_1) = 1 - N(d_1)$$

$$N(-d_2) = 1 - N(d_2)$$

<b>C = Valor Call</b>	<b>S = Precio corriente de acción</b>
<b>K = Precio de ejercicio</b>	<b>r = tasa libre de riesgo</b>
<b>P = Valor Put</b>	<b>t = Fecha vencimiento</b>
<b>d<sub>1</sub> = Volatilidad de la acción (desviación estándar del precio de la acción por unidad de</b>	

## Ejemplo

Calcular, según el Modelo de Black-Scholes, el valor de una opción europea suscrita sobre una acción de Coca-Cola con los siguientes datos:

Precio spot en $t$ ( $S_t$ ):	\$ 185
Precio de ejercicio ( $K$ ):	\$ 175
Desviación Estandar ( $D$ ):	25%
Vencimiento ( $t$ ):	1 año
Tasa de interés ( $r$ ):	11% anual

<sup>17</sup> El arbitraje financiero es la operación de compra o venta de valores negociables, con objeto de obtener un beneficio a partir de la diferencia de precios entre dos plazas bursátiles.

Según el Modelo B&S;

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2)$$
$$d_1 = \left( \left( \ln(S/K) + (r + (D^2/2)) \cdot t \right) / (D \cdot t^{(1/2)}) \right)$$
$$d_2 = d_1 - (D \cdot t^{(1/2)})$$

$$d_1 = \left( \left( \ln(185/175) + (.11 + (.25^2/2)) \cdot 1 \right) / (.25 \cdot 1^{(1/2)}) \right)$$

$$d_1 = 0.7873$$

$$d_2 = 0.7873 - (.25 \cdot 1^{(1/2)})$$

$$d_2 = 0.5373$$

Los valores en la tabla de la Distribución Normal:

$$N(d_1) = 0.784441$$

$$N(d_2) = 0.704463$$

Por lo tanto, el valor de la call es::

$$C = 185 \cdot 0.784441 - 175 \cdot \text{EXP}(-.11(1)(0.704463))$$

$$C = \$34.6823$$

### 3.7 MODELO DE VALORACIÓN DE ACTIVOS

CAPM o Capital Asset

Vincula el riesgo no diversificable y el rendimiento con todos los activos.

"Si la cartera elegida es eficiente, ha de existir una relación lineal entre la rentabilidad esperada de cada acción y su contribución marginal al riesgo de la cartera. El inverso es cierto también: si no existe una relación lineal, la cartera no es eficiente." [2]

El CAPM postula que la prima de riesgo de una acción depende de la prima de riesgo del mercado. Esta relación se expresa a través del coeficiente beta.

Cartera M (de mercado): cualquier índice bursátil como el Ibex-35, el Standard & Poor, o el FT100, etc; puede actuar como una pseudo cartera de mercado al tener representados a los valores de mayor peso del mercado de valores.

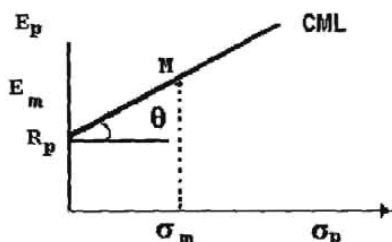
En el equilibrio todos los inversores adquieren la cartera M (de mercado), que está formada por el conjunto de todos los activos con riesgo del mercado en la misma proporción que se encuentran en dicho mercado. Si los inversionistas desean un mayor rendimiento que el ofrecido por el propio mercado deberán pedir prestado, si por el contrario desean un menor riesgo deberán prestar.

$$E_p = R_f + r\sigma_p$$

$$\log\theta = r = \frac{E_M - R_f}{\sigma_M}$$

$$E_M = R_f + r\sigma_M$$

$$E_p = R_f + \frac{E_M - R_f}{\sigma_M} \sigma_p$$



Todos los inversionistas se situarán sobre la recta (CML). Sólo las carteras eficientes se situarán en dicha recta, mientras que los restantes. O títulos aisladamente considerados, lo harán por debajo de ella.

### 3.8 CARACTERÍSTICAS DE LA CML

1.- La ordenada en el origen ( $R_f$ ) es el tipo de interés nominal. Es el precio de consumo inmediato o la recompensa por esperar, es decir, por no consumir ahora. Recibiremos un  $R_f$  % de interés. Se le suele conocer con el nombre de precio del tiempo.

2.- La pendiente de la CML representa la relación entre la rentabilidad esperada ( $E_p$ ) y el riesgo asociado ( $\sigma_p$ ). Se le denomina comúnmente precio de riesgo.

Sharpe desarrolló un modelo de regresión lineal denominado modelo de mercado, que relacionaba el rendimiento del mercado (variable independiente) y el rendimiento del título o cartera (variable dependiente).

$$R_{it} = \alpha + \beta_i R_{m,t} + e_{it}$$

En donde:

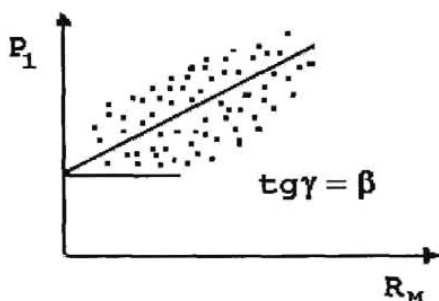
$\alpha$  = intercepto de la regresión o rendimiento autónomo

$\beta_i$  = coeficiente que mide el grado de riesgo del activo con respecto al rendimiento de mercado

$R_{m,t}$  = rendimiento del mercado durante el periodo t

$e_{it}$  = término de error aleatorio de la regresión en el periodo t.

$R_{it}$  = tasa de rendimiento del activo i en el periodo t



$$R_i = [P_{it} + D_{it} - P_{i,t-1}] / P_{i,t-1}$$

$P_{it}$  = Precio en el momento t

$D_{it}$  = Dividendos y cualquier otro flujo de caja que se reciba durante el periodo

$P_{i,t-1}$  = Precio en el momento inmediato anterior

$I_t$  = Valor de un índice bursátil en el momento t

$I_{t-1}$  = Valor en el momento anterior

La alfa significa el rendimiento promedio del título cuando el rendimiento del mercado es nulo (cuando el mercado no se mueve ni al alza ni a la baja)

La beta mide el riesgo sistemático o no diversificable que surge de aspectos como inflación, guerras, recesiones y altas tasas de interés, que son factores que afectan a todas las empresas en forma conjunta. Puesto que todas las empresas se ven afectadas simultáneamente por estos factores, este tipo de riesgo no puede ser eliminado por diversificación

La cantidad de riesgo es llamada beta,  $\beta_i$ , que es la relación entre la covarianza del rendimiento de la acción y el rendimiento del portafolio de mercado con la varianza del rendimiento del portafolio de mercado.

$$\beta_j = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} = \frac{Cov(R_j, R_m)}{Var(R_m)}$$

Desde el punto de vista estadístico, los valores de beta del pasado reciente se calculan por medio de regresión lineal; utilizando datos históricos de las primas de riesgo de la acción y del mercado durante, por ejemplo, los últimos cinco años, pero no más de diez, se requiere que la regresión cumpla con los supuestos de mínimos cuadrados ordinarios para que beta sea el mejor estimador insesgado.

La beta se puede interpretar como el grado de respuesta de la variabilidad de los rendimientos de la acción a la variabilidad de los rendimientos del mercado.

si  $\beta_i > 1$  ⇒

entonces tenemos que las variaciones en los rendimientos del valor  $i$  serán mayores a las variaciones del rendimiento del mercado.

si  $\beta_i < 1$  ⇒

el valor  $i$  será menos riesgoso que el rendimiento del mercado.

si  $\beta_i = 1$  ⇒

el rendimiento del valor  $i$  variará en la misma proporción que la variación del rendimiento de mercado.

Una vez que se obtiene  $\beta_i$ , esta se utiliza para determinar el rendimiento requerido de la acción por medio de la ecuación del CAPM:

$$R_j = R_f + (R_{mt} - R_{ft})\beta_j + e_{jt}$$

Para estimar la rentabilidad futura de la acción, se utilizará el beta calculado y una estimación de la prima de riesgo de mercado.

### Ejemplo

Una compañía grande de inversiones desea evaluar el riesgo de dos carteras que están considerando estructurar: V y W. Las dos contienen cinco activos

Cartera V		Cartera W		
Activo	Proporción	Beta	Proporción	Beta
1	.10	1.65	.10	.80
2	.30	1.00	.10	1.00
3	.20	1.30	.20	.65
4	.20	1.10	.10	.75
5	.20	1.25	.50	1.05
Totales	1.00		1.00	

$$b_v = (.10 \cdot 1.65) + (.30 \cdot 1) + (.20 \cdot 1.30) + (.20 \cdot 1.10) + (.20 \cdot 1.25) = 1.20$$

$$b_w = (.10 \cdot .80) + (.10 \cdot 1) + (.20 \cdot .65) + (.10 \cdot .75) + (.50 \cdot 1.05) = .91$$

Los rendimientos de la cartera V son más sensibles a los cambios en los rendimientos del mercado por ser sus betas mayores que las de W y, por esto más riesgosos que los de la cartera W

### 3.9 MAGNITUD DE LA PRIMA DE RIESGO DE LA CARTERA DE MERCADO

La determina la aversión al riesgo de los inversionistas y la volatilidad del rendimiento de mercado. Para que sea atractiva a los inversionistas se les debe ofrecer una tasa esperada de rendimiento que exceda la tasa de interés libre de riesgo. Cuanto más alto sea el grado promedio de aversión de la población al riesgo, más alta será la prima de riesgo requerida.

La prima de riesgo de equilibrio de la cartera de mercado es igual a la varianza de la cartera de mercado multiplicada por un promedio ponderado del grado de aversión al riesgo de los tenedores de riqueza (A).

$$E(r_m) - r_f = A\sigma_m^2$$

A es un índice del grado de aversión al riesgo en la economía.

La prima de riesgo de mercado puede cambiar con el tiempo, ya sea porque cambie la varianza del mercado o el grado de aversión al riesgo, o ambos.

### Ejemplo

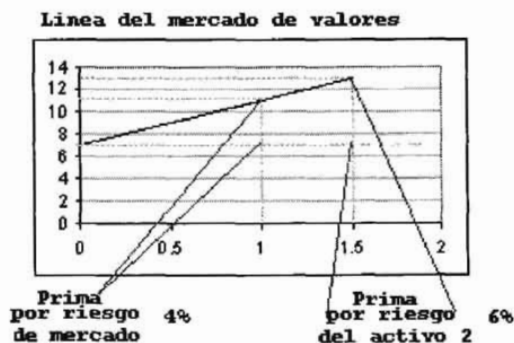
Una empresa desea determinar el rendimiento requerido de un activo Z, el cual tiene una  $b = 1.5$ . La tasa de rendimiento libre de riesgo es de 7%; el rendimiento de la cartera de mercado de activos es de 11%.

$$R_{\hat{x}} = \alpha + \beta_j R_{m,t} + e_{\hat{x}}$$

$$R = 7\% + [1.5 \cdot (11\% - 7\%)] = 13\%$$

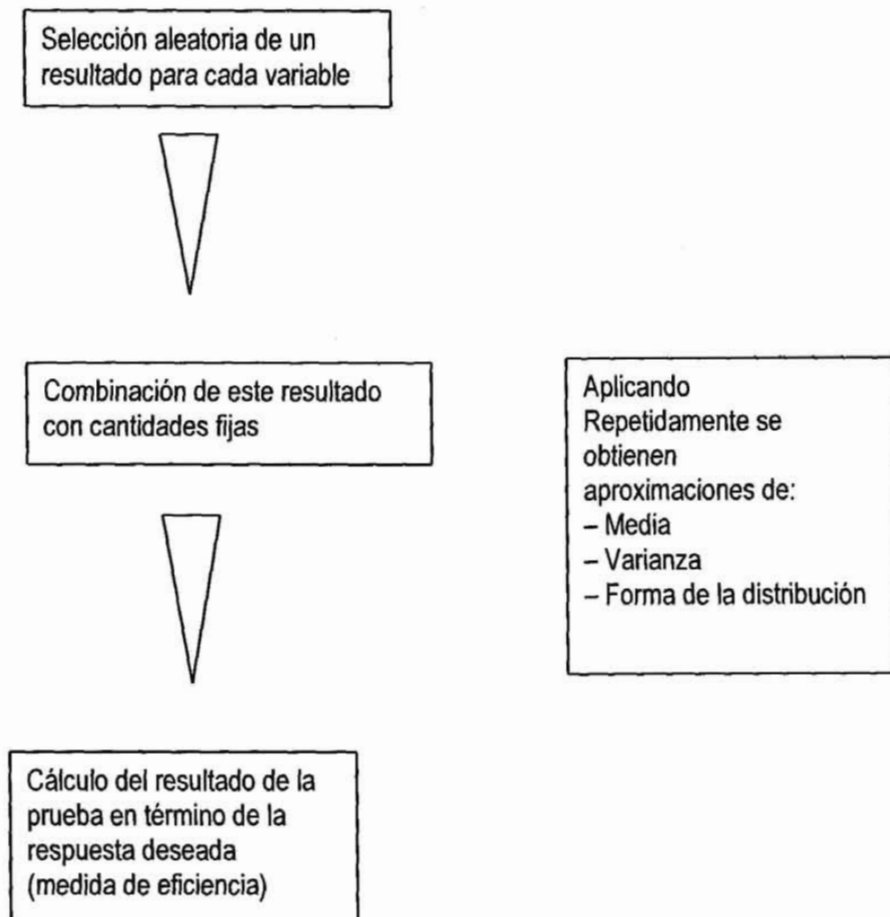
Rendimiento requerido = 13%

Prima por riesgo de mercado = 11% - 7% = 4%

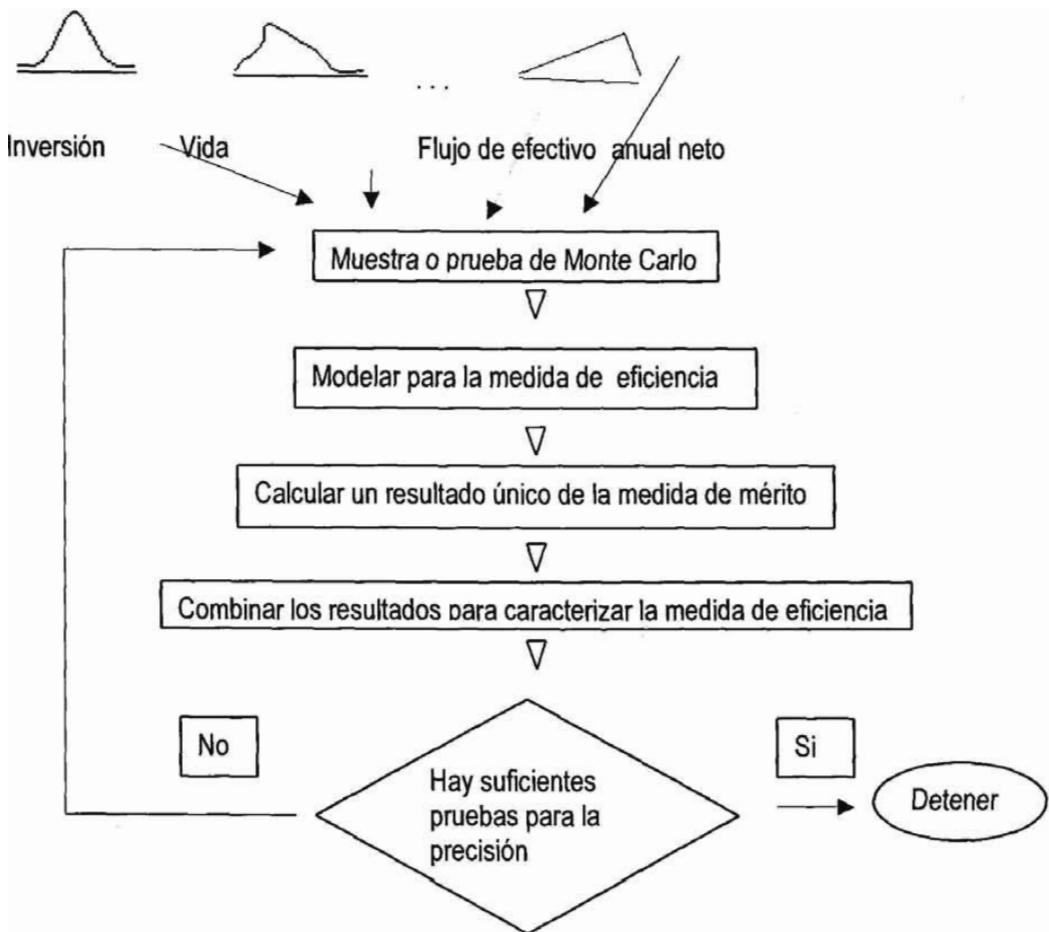


### 3.10 SIMULACIÓN MONTE CARLO

Se denomina *método de pruebas estadísticas*







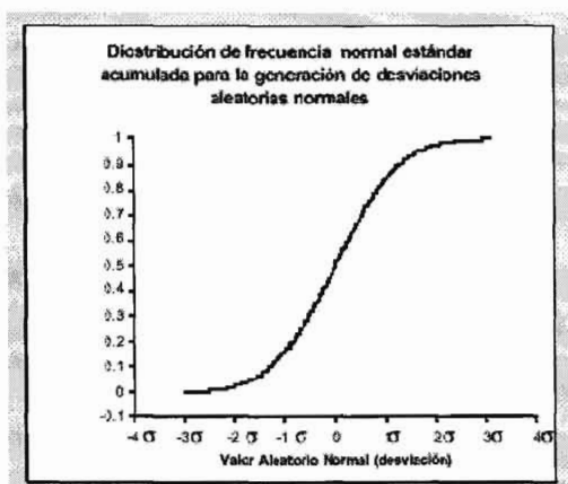
- Requisitos**
- El resultado de todas las variables de interés se selecciona aleatoriamente
  - La probabilidad de la selección de todos los resultados posibles debe ser en concordancia con su respectiva distribución de probabilidad.

## Generación de valores aleatorios normales

Con la distribución normal:

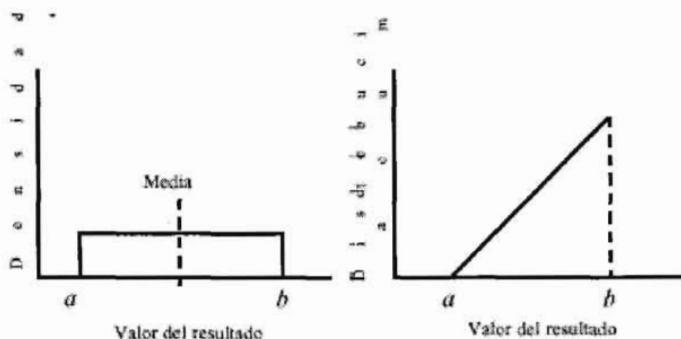
La probabilidad de que ocurra **cerca** de la media es mayor que la probabilidad que ocurra alejada de la media.

La frecuencia relativa de ocurrencia de cada valor de la variable es proporcional a la pendiente de la curva de frecuencia acumulada.



## Generación de valores uniformemente distribuidos

Distribución continua uniforme con valor mínimo  $a$  y valor máximo  $b$ .



La media es  $(a+b)/2$

La varianza es  $(b-a)^2 / 12$

El rango es  $(b-a)$

Para generar resultados con esta distribución suponga:

RN es un número aleatorio

RN  $m$  es el número aleatorio con el valor más alto

Valor del resultado =  $a + (b-a) * RN/RN_m$

=  $a + (RN \text{ expresado como decimal})/(b-a)$

Un planteamiento equivalente es:

$$\text{Valor del resultado} = \frac{a+b}{2} - \frac{(b-a)}{2} + \frac{RN}{RN_m} (b-a)$$

Si un elemento o variable está uniformemente distribuido con una media de 8 y un rango de 6, se generan resultados aleatorios así:

$$8 - \frac{6}{2} + \frac{RN}{RN_m} (6) = 5 + (RN \text{ expresado como decimal}) (6)$$

### Ejemplo

Se estima que el flujo de efectivo anual neto tiene la siguiente distribución.

Flujo de efectivo neto	P(Flujo de efectivo neto)
\$ 10,000	0.10
\$ 15,000	0.50
\$ 20,000	0.25
\$ 25,000	0.15

Asignamos números aleatorios a cada resultado en proporción a su probabilidad

Flujo de efectivo neto	Número aleatorio
\$ 10,000	00-09
\$ 15,000	10-59
\$ 20,000	60-84
\$ 25,000	85-99

Generamos resultados de flujo de efectivo eligiendo números aleatorios

Números aleatorios	Resultado de flujo de efectivo neto
47	\$ 15,000
91	\$ 25,000
02	\$ 10,000

88	\$ 25,000
81	\$ 20,000
74	\$ 20,000
24	\$ 15,000
05	\$ 10,000
51	\$ 15,000
74	\$ 20,000

El Flujo de efectivo medio neto es:

$$\frac{175000}{10} = 17500$$

La media de la distribución (conocida) es:

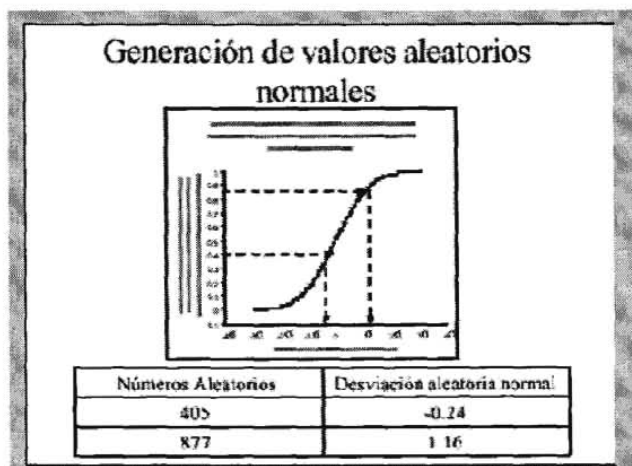
17250

Entre más grande es el número de pruebas de Monte Carlo, más cercana es la aproximación a las respuestas deseadas.

## Ejemplo 2

Generación de valores aleatorios normales

Proyecto con vida media de 8 años  
Desviación estándar de 2 años



$$\begin{aligned} \text{Valor del resultado} &= \text{media} + (\text{RND} * \text{desviación estándar}) \\ 8 + (-0.24 * 2) &= 7.52 \\ 8 + (1.16 * 2) &= 10.32 \end{aligned}$$

### 3.11 MODELO MARKOWITZ

El modelo de Harry M. Markowitz, Premio Nobel de Economía 1990, para el análisis y diseño de portafolios de inversión, tiene como puntos básicos el rendimiento ( $\mu$ ) o media y el riesgo ( $\sigma$ ) o desviación estándar de los activos que lo componen.

Consideremos como rendimiento de un instrumento financiero el promedio aritmético de los cambios porcentuales de un período contra el anterior (diario, semanal, mensual, etc.). Es recomendable aplicar el logaritmo natural (LN) a esos cambios de precio, en lugar del simple promedio aritmético. Con esto, se obtendrán resultados más precisos.

El rendimiento de cada instrumento puede ser el histórico o el esperado, el que se crea que puede ser aplicable durante el período requerido.

El riesgo del portafolio se determina mediante la solución de la siguiente ecuación:

$$sp^2 = Wa^2 sa^2 + Wb^2 sb^2 + Wc^2 sc^2 + 2WaWb Cov,ab + 2WaWc Cov,ac + 2WbWc Cov,bc$$

En donde:

s = riesgo = desviación estándar

p = portafolio

sp<sup>2</sup> = varianza del portafolio "p"

a,b,c = activos financieros

W = participación porcentual de cada instrumento en el portafolio

Cov = Covarianza de los Activos.

La suma de las varianzas o riesgos de cada activo da como resultado, el riesgo total del portafolio, sin embargo el teorema de este tipo de operaciones indica que la suma de dos varianzas difiere de la varianza de la suma de dos variables por dos veces la covarianza de esas variables. De ahí que la ecuación anterior contiene la multiplicación de la Cov \* 2.

## Ejemplo

Supongamos:

	Variable	Variable	Varianza	Suma	Diferencias
	X	Y	(suma X,Y)	varianzas XY	var(XY) - suma var(XY)
	2	4	6		
	15	23	38		
	22	8	30		
	13	2	15		
varianza	51.50	67.69	156.19	119.19	37.00

La suma de las varianzas o riesgos de cada activo arroja como resultado evidente, el riesgo total del portafolio.

Suma varianzas = 156.19

Este tipo de operaciones indica que la suma de dos varianzas difiere de la varianza de la suma de dos variables por dos veces la covarianza de esas variables. De ahí que la ecuación anterior contiene la multiplicación de la Cov \* 2.

Cov(XY) = 18.50  
Cov \* 2 = 18.5 \* 2 = 37.00

## Ejemplo 2

Evaluemos los riesgos de un portafolio compuesto por los activos A, B y C.

Los datos necesarios son la Matriz de Covarianza y los rendimientos (históricos o deseados) de cada activo o instrumento financiero.

Matriz de Covarianza (C)

	A	B	C
A	8.9	2.3	4.5
B	2.3	5.6	2.0
C	4.5	2.0	8.7

Media o rendimiento ( $\mu$ )

A	B	C
0.19	0.16	0.17

### Procedimiento

1.- La matriz de covarianza (C) se multiplica por 2 y se integran a esta matriz los rendimientos esperados

Matriz C \* 2

	A	B	C	pivote	rendimiento
A	17.8	4.6	9	-1	-0.19
B	4.6	11.2	4	-1	-0.16
C	9	4	17.4	-1	-0.17
Pivote	1	1	1	0	0
rendimiento	0.19	0.16	0.17	0	0

2.- Se invierte la matriz  
Matriz Inversa (Ci)

	A	B	C	pivote	rendimiento	Ren. esperado
A	0.00737463	0.01474926	-	-	37.020649	0
			0.02212389	6.0339233		
B	0.01474926	0.02949853	-0.044247	4.9321533	-25.9587	0
C	-0.0221238	-0.0442477	0.0663716	2.1017699	-11.0619	0
pivote	6.0339233	-4.9321533	-2.101769	578.24395	-3389.70	1
rendimiento	-37022659	25.9587021	11.061946	-3389.705	20156.34	.17

3.- Para obtener la participación porcentual de cada producto en el portafolio, se multiplica la matriz inversa por el vector columna rendimiento esperado. En este caso, 17%.

A	0.259587021
B	0.519174041
C	0.221238938
	1.994100295
	36.87315634

4.- Se determina el riesgo del portafolio y se comprueba el rendimiento esperado, 17%.

$$W_{A,B,C} \rightarrow 0.259587021 + 0.51917404 + 0.22123894 = 1$$

Matriz C:

	A	B	C
A	8.9	2.3	4.5
B	2.3	5.6	2.0
C	4.5	2.0	8.7

Rendimiento esperado ( $\mu$ )

A	B	C
0.19	0.16	0.17

Matriz traspuesta ( $V_t$ )

$$(0.259587021, 0.519174041, 0.221238938)$$

Mezcla de rendimiento esperado

$$W(u) = 0.259587021(0.19) + 0.519174041(0.16) + 0.221238938(0.17)$$

$$W(u) = 0.0493215 + 0.08306785 + 0.03761062 = 0.17$$

El riesgo del portafolio se obtiene mediante la operación matricial:

$$s = \sqrt{V \cdot C \cdot V_t}$$

donde:

$s$  = Riesgo = Desviación Estándar

$V$  = vector horizontal; mezcla porcentual de productos

$C$  = matriz de Covarianza

$V_t$  = vector horizontal traspuesto



**S =**

0.259587021
0.519174041
0.221238938

\*

	A	B	C
A	8.9	2.3	4.5
B	2.3	5.6	2.0
C	4.5	2.0	8.7

(0.259587021, 0.519174041, 0.221238938) \*

$S^2 = 4.131268441$

$S = 2.03255$

Riesgo Portafolio Desviación estándar	Rendimiento Esperado
2.03255	0.1700

Con el simple hecho de modificar el **rendimiento esperado** se efectúan las operaciones enlazadas y se obtiene la nueva mezcla sustituyendo a la anterior.

### 3.12 VOLATILIDAD

Es la medida básica del riesgo que se puede utilizar para medir el riesgo de mercado, de un único instrumento, o de una cartera de valores.

Mide la dispersión de la rentabilidad esperada para el mercado.

Hay dos formas de estimar la volatilidad:

- Volatilidad Histórica

Es una medida estadística del movimiento pasado de los precios.

El punto de inicio para determinar cual va a ser la volatilidad es la volatilidad histórica. Cual ha sido la volatilidad para este commodity o acción o cualquier otro instrumento, durante un periodo de tiempo. Generalmente, cuando evaluamos la volatilidad, nosotros analizamos diferentes periodos de tiempo. Podríamos analizar cual ha sido la volatilidad en la última semana, en el último mes, en los últimos tres meses, en los últimos seis meses, etc. A mayor periodo de tiempo este rendirá una curva de volatilidad más suave y constante.

Commodities o acciones que son volátiles en su accionar diario o semanal usualmente se mantienen de esta manera durante un periodo largo de tiempo. La volatilidad histórica es la probabilidad que este instrumento financiero se vaya a mover una distancia en particular medida en precio durante un día, semana, mes, etc.

La desviación típica es la mas utilizada para medir la volatilidad de una variable aleatoria. Se asume que hay una distribución normal.

#### ➤ Volatilidad Implícita

Mide si las primas de las opciones son relativamente caras o baratas. La volatilidad implícita se estima a través de las primas de una opción.

La volatilidad no asociada con el instrumento financiero subyacente. Hay diferentes modelos para analizar opciones. Sin embargo, la mayoría van a determinar un precio relativamente cerca uno del otro.

El mercado esta asumiendo una volatilidad diferente a la volatilidad histórica. La forma de resolver por esta volatilidad implícita es usando nuestro modelo de análisis en reversa. Nosotros sabemos el valor de la opción y todas las otras variables con excepción de la volatilidad que el mercado esta usando.

Por lo tanto, en vez de usar la ecuación para encontrar el valor del precio de la opción, usamos el modelo para encontrar la volatilidad de la opción. Insertamos el precio en el modelo, dejamos a un lado la volatilidad (que es lo que estamos buscando), y mantenemos las otras variables igual. Es ahora que encontraremos que volatilidad arrojará los precios actuales del mercado.

Si los precios de un commodity o de una acción fueran distribuidas normalmente, la implicación seria que pueden haber precios negativos. Esto sabemos que es imposible. Lo mas bajo que los precios de un commodity o una acción pueden bajar es a cero. Sin embargo, los precios pueden subir infinitamente. Por lo tanto, tomamos la desviación estándar de los cambios logarítmicos de los precios medidos en intervalos regulares de tiempo.

Para calcular la volatilidad de una acción usando una distribución Lognormal:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2} \quad 0 < x < \infty, \quad \mu \text{ y } \sigma > 0.$$

$\mu$  y  $\sigma$  son la media y la desviación de  $\log(x)$  y NO de  $x$ .

Media:  $e^{\mu + \sigma^2/2}$

Varianza:  $e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$

$$X_i = \ln[P_i / ((1+r)/52) P_{i-1}]$$

Donde:

$X_i$  = cada cambio de precio

$P_i$  = precio del mercado subyacente al final del  $i$ -vo periodo

$r$  = tasa de interés (Estamos usando datos semanales en esta formula. Para datos diarios usar 253)

El paso 2

Calculamos la desviación estándar Lognormal para las series de datos. Esto es el cambio de precios para el periodo bajo consideración. Por ejemplo, usando data semanal, calcularíamos la operación arriba mencionada por cada semana por al menos 14 semanas.

El paso 3

Sumamos cada calculo en el paso 2 y dividirlo entre 14. Esto nos daría la media.

En el paso 4

Restamos cada calculo de la media.

En el paso 5

Elevamos al cuadrado cada número del paso 4 y los sumamos todos juntos.

En el paso 6

La volatilidad histórica anualizada es la media por la raíz cuadrada de (365/7).

La volatilidad de n días usa una serie de cotizaciones de cierre de n + 1 días:  $d_0, d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$

$$= \sqrt{\left( \frac{\sum ((S_i - S_m)^2)}{(n - 1) * PPA} \right)}$$

$S_i$  = logaritmo neperiano de  $(d_i / d_{i-1})$   $i = 1 \dots n$

$S_m$  = promedio de  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$

PPA significa Periodos por Año este es un parámetro que equivale a 251 días, 52 semanas, 12 meses, 4 trimestres o un año de acuerdo a lo definido por le usuario en la Escala de Fechas, donde es posible seleccionar días, semanas, meses, trimestres o años.

### Ejemplo 1

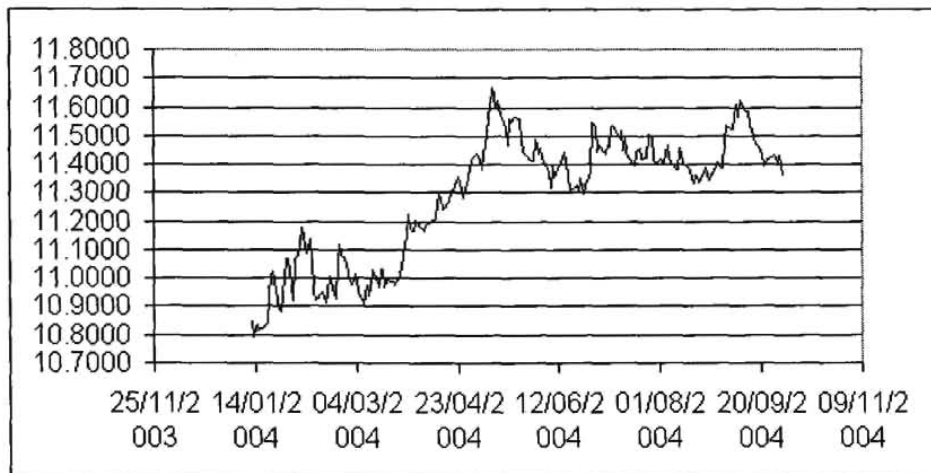
Una variación en volatilidad tiene repercusiones más que proporcionales sobre el beneficio de una cartera de opciones. En este sentido, puede observarse en la tabla 1.2. un ejemplo de como variaría el precio de una opción en el caso de movimientos en la volatilidad implícita. Queda bastante claro, que variaciones de un 1% de la volatilidad (con el resto de variables constantes), tienen un efecto mucho mayor en el precio de la opción.

Volatilidad %	Precio de la opción
14	100
15	103
17	108
20	120
24	140
29	170
35	210

Variación del precio de una call 6700, con el IBEX a 6700 ante cambios en la volatilidad implícita, y 20 días a vencimiento.

## Ejemplo 2

Volatilidad histórica del peso frente al dólar de enero de 2004 a septiembre de 2004



### 3.13 VALORACIÓN DEL RIESGO VAR (VALUE AT RISK) .

(Jorion (1997), Best (1998) y Dowd (1998))

VAR proviene de la necesidad de cuantificar con determinado nivel de significancia el porcentaje de pérdida que un portafolio enfrentará en un periodo predefinido de tiempo.

Su medición tiene fundamentos estadísticos y el estándar de la industria es calcular el VaR con un nivel de significancia del 5%. Esto significa que solamente el 5% de las veces, o 1 de 20 veces (es decir una vez al mes con datos diarios, o una vez cada 5 meses con datos semanales) el retorno del portafolio caerá mas de lo que señala el VaR.

Si consideramos una serie de retornos históricos de un portafolio que posee un número  $n$  de activos, es factible visualizar la distribución de densidad de aquellos retornos a través del análisis del histograma. Es común encontrar fluctuaciones de retornos en torno a un valor medio que no necesariamente es cero (este concepto en estadística se denomina proceso con reversión a la media) y cuya distribución se aproxima a una normal. Leves asimetrías son a veces percibidas en los retornos, pero desde un punto de vista práctico es suficiente asumir simetría en la distribución.

Una vez generada la distribución se debe calcular aquel punto del dominio de la función de densidad que deja un 5% del área en su rango inferior. Este punto en el dominio de la distribución se denomina VaR.

En la medida que deseamos un 5% como área de pérdida, debemos multiplicar a la desviación estándar de la serie de retornos por 1.645. Es decir, si el retorno esperado para un portafolio es de 4% y la desviación estándar es de 2%, entonces el VaR (con un nivel de significancia del 5%) indicará que este portafolio podría sufrir una pérdida superior a 1.645\*2=3.29% en sus retornos esperados, pasando de 4% a 0.71% o menos, solamente el 5% de las veces (1 de 20 veces).

Existen diversas alternativas para generar la matriz de varianzas y covarianzas con la cual se cuantifica el VaR.

### Método Delta-Normal.

Se basa en el supuesto de que la distribución de los factores de mercado se pueden aproximar a una Normal Multivariante. Usando este supuesto es posible determinar la distribución de los retornos del portafolio que también será Normal.

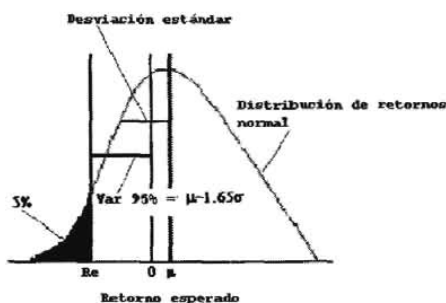
Una vez obtenida la función de distribución de las potenciales pérdidas y ganancias del portafolio se usan las propiedades de la distribución Normal para determinar el VAR del portafolio para un nivel de significancia de x%, es decir, la pérdida que es igualada o excedida solamente un x% de las veces.

Por ejemplo, las pérdidas mayores o iguales a 1.65 desviaciones estándar por debajo de la media (μ) ocurren únicamente un 5% de las veces. Esto significa que si el nivel de significancia para el cálculo del VAR es 5% (1- nivel de confianza), entonces, el VAR se computa como μ- 1.65 veces la desviación estándar de los retornos del portafolio:

$$VAR_{95\%} = -W_0 R^c = -W_0 (\mu - \alpha \sigma) = -W_0 (\mu - 1.65 \sigma)$$

Para horizontes de cálculo del VAR cortos es usual suponer que μ es cero por lo que la expresión resultante sería:

$$VAR_{95\%} = W_0 1.65 \sigma$$



Suponiendo que la desviación estándar es constante en todo momento.

$$\sigma_p = \text{raíz}(w' \Sigma w)$$

En donde  $w$  es el vector columna que contiene los ponderadores de los activos en el portafolio actual,  $S$  es la matriz de varianza - covarianza histórica de dichos activos y  $s$   $p$  es el desvío estándar de los retornos del portafolio actual.

Estadístico	1 Día	Semana	Mes	Año
Retorno	$\mu_d$	$5 \cdot \mu_d$	$20 \cdot \mu_d$	$240 \cdot \mu_d$
Varianza	$\sigma_d^2$	$5 \cdot \sigma_d^2$	$20 \cdot \sigma_d^2$	$240 \cdot \sigma_d^2$
Desv. Estándar	$\sigma_d$	$\sigma_d \cdot \sqrt{5}$	$\sigma_d \cdot \sqrt{20}$	$\sigma_d \cdot \sqrt{240}$
VaR ( $\alpha=1.645$ )	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{5} \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{20} \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{240} \cdot W$

Es probable que no sea realista asumir que el riesgo del portafolio se mantiene constante a lo largo del tiempo. Existen varias alternativas para modelar la volatilidad cambiante en el tiempo como por ejemplo calcular las volatilidades para ventanas temporales móviles más cortas o mediante modelos de heteroscedasticidad condicionada ARCH(p,q) o GARCH(p,q).

Por ejemplo se puede optar por un modelo GARCH (1,1) para estimar la varianza en el momento "t":

$$R_t = \mu + \varepsilon_t$$

donde  $\varepsilon_t$  se distribuye  $N(0, \sigma_t^2)$

$$\sigma_t^2 = \alpha + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

### Aplicación del VAR paramétrico para un portafolio de bonos

Se considera un portafolio de bonos con una duración promedio de  $D$  años. Si se supone que la curva de rendimientos es plana y que los movimientos en las tasas son paralelos, se puede aproximar el retorno del portafolio ( $R_p$ ) y su riesgo ( $\text{lip}$ ) como sigue:

$$R_p = MD \Delta y_d$$

$$\sigma_p = MD \sigma_{\Delta y_d}$$

Si se supone que  $\mu = 0$ , entonces:

$$\text{VAR}_{\text{Delta Normal}} = -W_D R^2 = W_D \alpha \sigma_p = W_D \alpha MD \sigma_{\Delta y_d}$$

$$\sigma_{\Delta y_d}$$

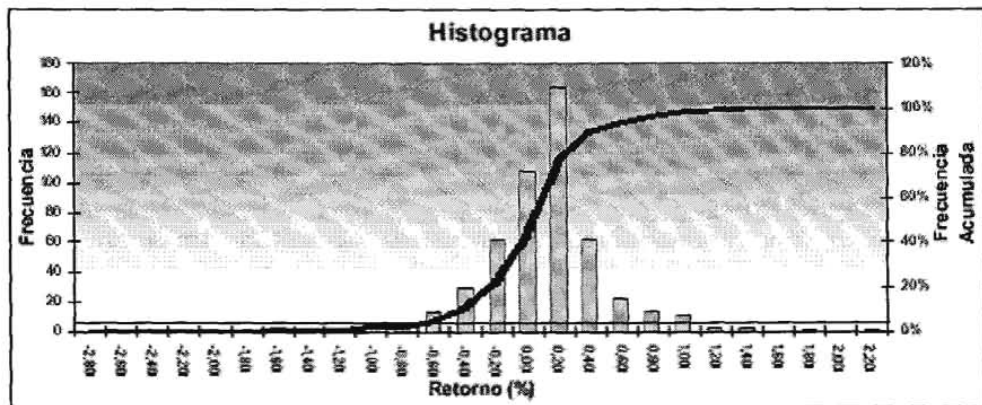
se calcula con los procedimientos descritos arriba.

### Método de Simulación Histórica.

La simulación histórica es una aproximación simple que requiere de relativamente pocos supuestos acerca de la distribución estadística de los factores de mercado y de los retornos del portafolio. En esencia, este método consiste en usar los cambios históricos en los precios y tasas de mercado para construir una distribución de las potenciales futuras pérdidas y ganancias del portafolio en consideración y luego determinar el VAR como la pérdida que es superada únicamente un x% de las veces.

La distribución de las ganancias y pérdidas es construida tomando el portafolio actual y someterlo a los cambios en los factores de mercado experimentados durante los últimos  $N$  periodos.

El siguiente paso consiste en ordenar de menor a mayor los retornos del portafolio así calculados y seleccionar la pérdida que es igualada o superada el x% de las veces. Usando un nivel de significancia de x%, este valor es el "Value at Risk".



En el Gráfico el retorno que acumula el 5% de la distribución es de -0,6%. Esta pérdida es el VAR (expresado como porcentaje del portafolio) para una significancia del 5% equivalente a un nivel de confianza de 95%.



## Ejemplo

### VaR EN ACCIONES

Sea la volatilidad por día = 0.0032

Evaluar la pérdida máxima diaria y semanal de una acción, con 95% de certeza:

$$VAR_{95\%} = W_0 \cdot 1.65 \sigma$$

$$1.65 * 0.0032 = 0.00528$$

$$1000000 * 0.00528 = \$5,280 \text{ riesgo diario.}$$

$$\text{Raíz}(7) * 5280 = \$13,970 \text{ VaR en posición accionaria cada 7 días}$$

## Conclusiones

Los mercados financieros están continuamente sujetos a fluctuaciones en sus precios, tipos de interés y tipos de cambio que en muchos casos se traducen en pérdidas de valor inesperadas. La característica fundamental de los mercados es la incertidumbre como sinónimo de riesgo. Una de las grandes preocupaciones de los agentes participantes en los mercados financieros es la medición y, en su caso, limitación del riesgo.

En los últimos años se han experimentado avances en el desarrollo de modelos para medir el riesgo. Estos modelos tienen limitaciones, especialmente cuando se trata el riesgo de productos financieros complejos. La principal línea de investigación busca técnicas para medir y controlar el riesgo tratando de linealizar las respuestas de los factores de riesgo. Pero la mayoría de los problemas no son lineales y, no son linealizables, por lo que estas técnicas desarrolladas se quedan cortas.

La investigación se debe orientar en buscar mecanismos de medición y control del riesgo que sean capaces de dar cobertura a la mayoría de las situaciones con las que se enfrenta el mercado. Es difícil encontrar respuestas generales: los productos son muy heterogéneos, las situaciones son cambiantes. En la mayor parte de los casos hay que recurrir a remedios capaces de adaptarse a las peculiaridades concretas de cada uno de los productos.

El modelo desarrollado por JP Morgan, quien toma como referencia la teoría de carteras de Markovitz, se apoya en la estimación de volatilidades y correlaciones de un gran conjunto de activos financieros. Supone normalidad en la tasa de variación de los precios de los activos financieros, estima intervalos de confianza para un determinado nivel de probabilidad de las pérdidas máximas (riesgo) que se pueden sufrir como consecuencia de la incertidumbre de mercado inherente a una determinada posición de activos financieros.

La limitación que plantea el modelo de Morgan es que es para comportamientos lineales. En la mayoría de los activos las respuestas no son lineales, o son difícilmente linealizables. Basta fijarnos, por ejemplo, en los activos derivados, que están caracterizados por una no linealidad en la respuesta de sus valores ante los movimientos de sus correspondientes factores de riesgo.

Una de las soluciones que se dio al problema de trabajar con comportamientos no lineales es el de usar la simulación histórica: tomando como referencia la posición actual de los distintos activos, proyectándolos hacia el futuro analizando el comportamiento que tendría la cartera.

Con este método se tiene la ventaja de que:

- Permite evaluar el comportamiento de variables no lineales;
- No se necesitan supuestos sobre las distribuciones que siguen los distintos factores de riesgo de las variables y;
- Facilita la información sobre casos extremos.

También existen una serie de inconvenientes:

- Se necesita tener una amplia base de datos, para conseguir estimar valores en riesgo para altos niveles de confianza. Sin embargo es posible ajustar una distribución al histograma y utilizar las colas de dicha distribución para la estimación del VaR;
- El sistema es cerrado (no se puede evaluar lo que ocurriría ante cambios de volatilidades y correlaciones);
- Los resultados son muy sensibles al periodo histórico que se tome como referencia;
- Existen problemas cuando se procesan los datos reales existen parámetros que cambian con el tiempo.

Otra solución es usar el método de simulación de Montecarlo. En lugar de utilizar series históricas, el comportamiento de los factores de riesgo se realiza con múltiples simulaciones con variables aleatorias, con los resultados obtenidos, se calculan los histogramas que permitan acotar las pérdidas al nivel de confianza deseado.

Con este método se tiene la ventaja de:

- Dar un tratamiento adecuado para los productos con comportamientos no lineales;
- Es muy flexible;
- Facilita la información sobre casos extremos;
- Permite tratar conjuntamente el riesgo de crédito y de mercado.
- Permite estimar directamente valores en riesgo para niveles de confianza muy altos, tan sólo es cuestión de simular el número suficiente de escenarios.

Tiene los siguientes inconvenientes:

- Se necesita fijar un modelo para el comportamiento de los movimientos de los precios y;
- Entre más números aleatorios se generen más exacto será, por esto se necesitan equipos de cómputo con gran capacidad.

Los activos derivados, cuentan con la peculiaridad de que su riesgo está influenciado por una gran cantidad de variables o factores de riesgo y, sobre todo, en la mayoría de los casos las respuestas de su valor a los movimientos de estos factores no son lineales. Además, las sensibilidades a cada variable pueden experimentar súbitos cambios.

Por todo lo mencionado anteriormente se nos abre una nueva oportunidad para estimular el área de investigación y estudio para encontrar modelos matemáticos eficientes para un cálculo más exacto y adecuado a la realidad de los actuales mercados. Provocando mayor eficiencia y exactitud en el manejo de los riesgos en los mercados evitando pérdidas catastróficas

El actuario es el profesional ideal para emprender este proyecto, ya que cuenta con la preparación necesaria en probabilidad y estadística, así como el manejo de diferentes áreas de la matemática para poder elaborar diferentes modelos hasta conseguir uno más adecuado y para casos complejos uno personalizado para cada caso.

## Bibliografía

- 1.- RODRÍGUEZ, de Castro J.; Introducción al Análisis de Productos Financieros derivados. 2ª Edición, Limusa, México. 1997.
- 2.- LEVI, D. Maurice; Finanzas Internacionales. 3ª Edición. McGraw-Hill. México, 1997.
- 3.- KRUGMAN, R. Paul y Maurice Obstfeld ; Economía Internacional. 3ª Edición, Mc Graw-Hill, España; 1995.
- 4.- BACA, Gómez Antonio; "La Administración de Riesgos Financieros".Artículo tomado de la revista *Ejecutivos de Finanzas*, publicación mensual, Año XXVI, No. 11, Noviembre, México, 1997.
- 5.- PASCALE, Ricardo; Decisiones Financieras. 3ª Edición, Ediciones Machi, Argentina, 1999
- 6.- Lawrence J. Gitman; Principios de Administración Financiera, 10ª Edición, Pearson Educación.
- 7.- Bodie Merton; Finanzas, 1ª Edición, Prentice Hall, 2003.
- 8.- Abraham Perdomo Moreno, Administración Financiera del Capital de Trabajo, 1ª Edición, Internacional Thomson Editores.
- 9.- Arturo Infante Villareal; Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión, 13ª Edición, Grupo Editorial Norma.
- 10.- Lawrence J. Gitman; Principios de Administración Financiera, 10ª Edición, Pearson Educación.
- 11.- James C. Van Horne; Administración Financiera, 10ª Edición, Pearson Educación.
- 12.- Abrahám Perdomo Moreno; Elementos básicos de Administración Financiera, 10ª Edición, PEMA, 2002.
- 13.- Philippe Jorion; Valor en Riesgo, Limusa; 2003.
- 14.- Alfonso de Lara; Medición y Control de Riesgos Financieros, 2ª Edición, Limusa, 2002.
- 15.- Ortiz Gómez, Alberto; Gerencia Financiera. McGraw Hill. México, 1994.
- 16.- Weston, J. Fred y Brigham, Eugene F.; Fundamentos de Administración Financiera. Editorial McGraw Hill. México. (1994).
- 17.- Perdomo Moreno, Abraham; Elementos básicos de Administración Financiera. Thomson Learning. México, 2003.
- 18.- Ortiz Gómez Alberto; Gerencia Financiera, McGraw Hill. México, 1994.
- 19.- Valoración de Derivados; Viviana Fernández M, Trabajo docente no. 64, Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 1999.
- 20 Saldívar Antonio; Planeación financiera de la empresa, Editorial Trillas, 1993 México.
- 21.- [www.riskmexico.com/archivos/presentaciones/calificadoras\\_financieras.pdf](http://www.riskmexico.com/archivos/presentaciones/calificadoras_financieras.pdf)
- 22.- [www.bancomer.com/mercado/pdf/3.5%20CCS.PDF](http://www.bancomer.com/mercado/pdf/3.5%20CCS.PDF)
- 23.- [www.mexder.com/MEX Boletín C-2](http://www.mexder.com/MEX Boletín C-2)
- 24.- [www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml](http://www.invertia.com/warrants/?document=guide5.xml)
- 25.- [www.geocities.com/gehg48/Fin29.html](http://www.geocities.com/gehg48/Fin29.html)
- 26.- [www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/36/derivados.htm](http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/36/derivados.htm)
- 27.- [www.alferreyra.com/OpcionesFinancieras.html](http://www.alferreyra.com/OpcionesFinancieras.html)
- 28.- [www-azc.uam.mx/publicaciones/etp/num7/a1.htm](http://www-azc.uam.mx/publicaciones/etp/num7/a1.htm)
- 29.- [www.bancomer.com/mercado/pdf/3.6%20SWAPS%20CAMBIARIOS.PDF](http://www.bancomer.com/mercado/pdf/3.6%20SWAPS%20CAMBIARIOS.PDF)
- 30 <http://www.joseacontreras.net/dirinter/page00.htm>