



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"VALOR EN RIESGO: CASO PRACTICO MEDIANTE
LA REDUCCION DE LA MATRIZ DE COVARIANZA
HACIENDO USO DEL COEFICIENTE BETA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
A C T U R I A
P R E S E N T A :
LUCIA MARCELA GONZALEZ MORENO

DIRECTORA DE TESIS: ACT. MARIA AURORA VALDES MICHELL



2005

m342497





Universidad Nacional
Autónoma de México



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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Lucia Marcela Gonzalez Moreno

FECHA: 29-11-20-05

FIRMA: [Firma manuscrita]

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:

"Valor en Riesgo: Caso práctico mediante la reducción de la matriz de covarianza haciendo uso del coeficiente beta"

realizado por González Moreno Lucia Marcela

con número de cuenta 09638008-2 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

A t e n t a m e n t e

Director de Tesis

Propietario

Act. María Aurora Valdés Michell

Propietario

Act. Jaime Vázquez Alamilla

Propietario

Act. Marina Castillo Garduño

Suplente

Act. Fernando Alonso Pérez Tejada López

Suplente

Act. Ana Laura Duarte Carmona

Consejo Departamental de Matemáticas

Act. Jaime Vázquez Alamilla

CONSEJO DE...
PROFESORES

DEDICATORIAS

A mis padres:

Robert y Yola

A ustedes principalmente por darme su apoyo, cuidados, comprensión y sobre todo lo más preciado para mí, su amor.

Gracias por darme una familia maravillosa, enseñarme el valor que esta tiene, que es lo que me hace seguir, porque si algo no sale bien se que los tengo como apoyo incondicional, y cualquier problema que se me presente lo resolveremos como familia, como lo hemos hecho siempre, gracias por inculcarme esos valores.

Nunca me cansare de repetir que son los mejores padres del mundo, mi admiración y respeto para ustedes, esto es por ustedes, los amo mucho!!!!!!!

A mis hermanitos

Raziel y Jonatan

A ustedes que me han soportado todos mis dramas, traumas y demás, por sus consejos y sobre todo su apoyo incondicional, por esas palabras de aliento de que todo lo que uno desea se puede, luchando, trabajando y con constancia, quiero que sepan que son mi ejemplo a seguir, por mimarme, quererme y cumplirme todos mis caprichos, los amo cuidense y sean muy felices.

A mi Familia

A esa gran familia que tengo!!!!, que para mí es perfecta, y siempre estaré orgullosa de ustedes, gracias por todo su apoyo que me brindan, sus palabras de aliento, consejos, apoyo, su interés por mí y sus críticas que me sirven para crecer como ser humano. Los quiero a todos.

A mis amiguitos,

A ustedes por brindarme su amistad que es muy importante para mí, por las risas, las pláticas, los secretos, el llanto y su amor hacia a mí, que aunque algunos no nos vemos seguido se que cuando los necesite estarán ahí. Los quiero mucho.

A mi directora y sinodales.

A ustedes por darme su valioso tiempo, sus consejos y sus enseñanzas, que me han hecho lo que hoy soy y represento, una persona preparada, gracias por todo.

A mi universidad

Gracias porque me dio la oportunidad de estudiar en la mejor universidad de México, por la ayuda y mi visión de mexicana responsable, prometo seguir poniendo en alto el nombre y prestigio de mi universidad. Gracias !!!!!!! "Por mí raza hablará el espíritu"...

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I	1
-------------------------	----------

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS	1
--	----------

I.I Antecedentes	1
------------------------	---

I.II Tipos de Riesgos Financieros	3
---	---

I.III El Proceso de la Administración de Riesgos	5
--	---

Identificación de Riesgos	7
---------------------------------	---

Medición de Riesgos	7
---------------------------	---

Monitoreo y Control de los Riesgos	8
--	---

I.IV Riesgos de Mercado	9
-------------------------------	---

Instrumentos Financieros	10
--------------------------------	----

Mercado de Dinero	10
-------------------------	----

Mercado de Capitales	10
----------------------------	----

Mercado de Divisas	11
--------------------------	----

Mercado de Productos Derivados	11
--------------------------------------	----

Identificación de los Riesgos de Mercado	11
--	----

Factores de Riesgo	11
--------------------------	----

Mapeo o Descomposición de Posiciones	13
--	----

Harry Markowitz y la Teoría de Cartera	14
--	----

CAPÍTULO II	17
--------------------------	-----------

VALOR EN RIESGO	17
------------------------------	-----------

II.I Antecedentes	17
-------------------------	----

II.II Valor en Riesgo	19
-----------------------------	----

¿Qué es el Valor en Riesgo?	21
-----------------------------------	----

Regulación del Valor en Riesgo	27
II.III Análisis Matricial del Valor en Riesgo.....	31
II.IV Generación de un Intervalo de Confianza para el Valor en Riesgo.....	34
II.V Descomposición Triangular del Valor en Riesgo.....	36
CAPÍTULO III	40
MÉTODOS DEL VALOR EN RIESGO	40
III.I Método de Betas	40
Concepto de Coeficiente Beta.....	40
Uso del Coeficiente Beta.....	42
Bases para Determinar el Coeficiente Beta.....	43
Método del Coeficiente de Beta	44
III.II Método Deltha-Normal	47
Matriz de Varianza-Covarianza	48
Simplificación de la Matriz de Covarianzas	51
Modelo Diagonal de Jorion.....	53
III.III Método de Simulación Histórica	55
Simulación Histórica con Crecimientos Absolutos	57
Simulación Histórica con Crecimientos Logarítmicos.....	58
Simulación Histórica con Crecimientos Relativos.....	58
III.IV Método de Simulaciones de Monte Carlo	60
Modelos para Simular el Comportamiento de los Precios	62
Proceso de Wiener	62
Proceso Generalizado de Wiener	62
Proceso de Ito (Modelo geométrico Browniano).....	63
Métodos para Generar Números Aleatorios.....	64
Modelo “Quasi Monte Carlo”	64

Método de "bootstrap".....	65
Caso de Un Activo	66
Portafolio con N Activos: Descomposición de Choleski.....	67
CAPÍTULO IV.....	69
PORTAFOLIO ACCIONARIO	69
IV.1 Caso Práctico.....	69
CONCLUSIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS	80

INTRODUCCIÓN

No hace muchos años, la composición económica mundial y local era distinta de la actual. Las grandes empresas multinacionales de tradición como General Motors, Nestle, Ford, IBM, Citybank marcaban las pautas a seguir en las industrias. Ahora la lista de empresas exitosas son mucho más y más jóvenes. El origen de estas se ha diversificado en relación con aquellos años. Surgen empresas poderosas en Corea, Finlandia, México y desde luego en los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Unión Europea y muchos más, ejemplos de ellas son Nokia, Dell, L.G. Electronics, Telmex, Cemex, etc.; Que buscan nuevos mercados bajo el influjo de las economías de alcance y escala aprovechando la apertura internacional que se hizo posible a finales del siglo XX.

Esto implica la aceleración en el flujo de mercancías, insumos y capitales a través de todas las fronteras, así como el surgimiento de nuevos mecanismos financieros junto con el desarrollo de métodos novedosos de manejo de activos en búsqueda de jugosos rendimientos y ganancias de capital. Estas empresas y negocios, financieros o no financieros, enfrentan ahora un conjunto de riesgos más severos en la toma de decisiones y en las operaciones diarias que realizan.

Lo paradójico del asunto es que aquellos que tienen mayores expectativas de ganancia son las que más riesgo presentan y aún cuando establecen mejores sistemas de administrar el riesgo tienen mayores posibilidades de pérdidas dentro del negocio en que participan.

En el riesgo, la posibilidad de pérdida, se identifica con tres aspectos fundamentales: del medio ambiente, de operación y financieros.

El aspecto ambiental es uno de los riesgos más difíciles de detectar ya que tiene que ver con las influencias de la situación doméstica y las internacionales.

Esto lleva a análisis complicados del comportamiento de los agentes y riesgo que se genera en diversas regiones del mundo. Los efectos que en algún tiempo se bautizaron con nombres exóticos como "Tequila", "Samba", "Oso", "Tigre", "Dragón", "Samurai" son ejemplos de fenómenos económicos que inesperadamente arrastraron las variables que afectaban las actividades de los negocios y activos de manera negativa en la mayoría de los países.

La pérdida por ese fenómeno ambiental, fue de enormes magnitudes, al grado que en agosto de 1998, se estimó la desaparición de doscientos millones de dólares ante la problemática que planteó la decisión de moratoria rusa, "efecto Oso" y la imposibilidad de los administradores del riesgo de las grandes corporaciones que manejan activos financieros e intermediarios, para prever tal magnitud de riesgo.

El riesgo operacional, por su parte, surge con el desarrollo constante de actividades de carácter "operativo" de los agentes económicos, por múltiples razones. Destacan los mejoramientos en técnicas, servicios, atención a clientes y proveedores, etc.

El llamado riesgo financiero, se identifica con los movimientos que presentan ciertas variables de los mercados financieros, tales movimientos influyen sobre, o son influidos por el proceso económico, en el sentido de regular los flujos de fondos entre agentes superavitarios y deficitarios, en las empresas rebasa el ámbito de trabajo de las tesorerías y los organismos gubernamentales se ven agobiados por actividades de regulación que garanticen la reducción de este tipo de riesgo.

México, prácticamente fue hasta mediados de los noventas cuando las instituciones financieras incursionan en este campo al incluir áreas de análisis de riesgo formalmente en sus estructuras o mediante outsourcing distintas al tradicional riesgo de crédito que también dejaba mucho que desear a decir de los resultados de cartera vencida que se presentaron en aquellas fechas.

Cabe destacar la labor de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores en este campo, que ante la evidencia de un mejor control privado sobre riesgo, emite circulares como la de 1997 que bajo la denominación de "Disposiciones de carácter prudencial en materia de administración integral de riesgos", pone a disposición las principales recomendaciones, esto reduce problemas de pérdidas cuantiosas, aunque no los elimina, que influyen en el prestigio y calificación del riesgo país de trascendental importancia en el ambiente financiero internacional.

El valor en riesgo es un mecanismo recomendado y usado por las instituciones de regulación e instituciones financieras internacionales más prestigiadas en el mundo financiero global, el valor en riesgo o simplemente VaR, es un instrumento que se populariza en el mundo financiero como un proceso que identifica, mide y controla la exposición al riesgo de los activos propiedad de los inversionistas, empresas e instituciones.

Se dice que Dennis Weatherstone, como directivo del J. P. Morgan solicitaba al final de cada día un reporte de una sola página que reuniera datos confiables sobre la exposición al riesgo de los instrumentos que manejaba la Institución ante los posibles movimientos de los mercados en que participaba

El reporte incluía una estimación sobre la pérdida potencial esperada en las veinticuatro horas siguientes, que debía ser entregado a las 4.15pm por lo que los técnicos del Banco le denominaban el reporte "4.15", para el caso de los activos derivados se discutió en un Grupo de estudio en 1993 por las características de riesgo que se les atribuye a estos instrumentos sobre el desenvolvimiento sano de los países: El resultado fue un reporte titulado "derivatives", en donde se incluye al Valor en Riesgo como recomendación específica en contra del riesgo de mercado, por su simplicidad y poderío mostrado en las actividades del J.P. Morgan.

Muchas instituciones empezaron a estudiar la conveniencia de complementar sus actividades de administración del riesgo con la introducción de dicha metodología, fue hasta finales de 1994, cuando el proceso se acelera, ante las pérdidas nunca vistas que registra el mercado de bonos a nivel mundial en esa época. Las instituciones bancarias y las tesorerías de las corporaciones toman instrumentos confiables y relativamente simples, para tomar decisiones en un ambiente cada vez más riesgoso, posteriormente se impulsa nuevos mecanismos con base a este instrumento del Valor en Riesgo.

Diferentes acontecimientos en el ámbito internacional como: el derrumbe del sistema de tipo de cambio fijo en 1971, conduciendo a tipo de cambio flexibles y volátiles, el alza y posterior el derrumbe de los precios del petróleo, la caída de la bolsa de Nueva York en octubre de 1987, la explosión en 1990 de la burbuja financiera en Japón, (en abril de 1990 el índice Nikkey cerró en 28.002 puntos una baja de 28% respecto al cierre de año anterior), el primero de octubre la caída fue de 48%, en Agosto de 1992 toco fondo.

Esta crisis financiera fue seguida de una crisis bancaria muy fuerte, en Septiembre de 1992 estalló la crisis del sistema Monetario europeo, la libra esterlina y la lira italiana se vieron forzadas a abandonar el sistema de bandas, mientras que la peseta y el escudo sufrieron varias devaluaciones; A finales de 1994 se presenta la crisis mexicana que contagio a otras economías de América Latina, en 1997 se da la llamada crisis asiática con la devaluación del baht tailandés, (Varias economías de Asia sufrieron devaluaciones de sus monedas así como caídas en la bolsa de valores, que se debía a debilidades de los sistemas financieros), en 1998, el gobierno ruso devaluó el rublo y declaró una moratoria de las deudas privadas; Recientemente la desaceleración de la economía estadounidense y la crisis de la economía argentina han golpeado a los mercados financieros y a la economía real.

Todos estos acontecimientos han contribuido a que las instituciones financieras tomen en cuenta que la administración de riesgos es fundamental y así adopten diferentes modelos para la cuantificación de los riesgos de mercado. El más conocido es el modelo de Risk Metrics (J.P. Morgan) sin embargo, hay otros modelos como Promedio Móviles, Método de Monte Carlo y Monte Carlo estructurado. Existen otras instituciones que ofrecen metodologías como el que ofrece el First Bank, el Chase Manhattan, The Bankers Trust y el Deutsche Bank, las cuales son mediciones rápidas y confiables como la de J.P. Morgan.

Algunos sucesos relevantes para la administración de riesgos a nivel mundial han sido: La introducción de nuevos contratos a futuro de mercancías básicas en estados Unidos en la década de los sesentas. Entre 1971 –1973, el colapso del sistema Bretton Woods, se inicia el periodo de extrema volatilidad de tasas de interés, tipo de cambio y precios: en 1981 se introduce el primer swap de divisas entre IBM y el Banco Mundial instrumentado por Salomón Brothers. Para 1982 el Chicago Board of Trade introduce opciones sobre futuros de bonos de la tesorería de Estados Unidos. Para el caso de México en 1987 el banco de México introduce el mercado de coberturas cambiarias de corto plazo.

Ello justifica la inclusión somera de los acontecimientos históricos más relevantes y los conceptos básicos que emanan y enmarcan las metodologías para administrar el riesgo.

De manera genérica cuando se habla de un proceso de administración del riesgo, incluyen los siguientes puntos fundamentales: la identificación del riesgo, el conjunto de normas o estándares de referencia, la medición y evaluación del riesgo y la optimización del riesgo

El control de riesgos es primeramente una herramienta de administración para la alta dirección de instituciones financieras y productivas. Por tanto es un instrumento de medición como de control y auditoría. Su control en estas esferas es tan significativo que se utiliza crecientemente con relación a actividades de la banca central, los fondos y sociedades de inversión y las personas físicas. En segundo término, los indicadores para

el control de riesgos constituyen una guía para la adecuada comunicación de las empresas con sus acreedores e inversionistas minoritarios con referencia a su solvencia, operaciones y el valor potencial, el propósito principal del VaR es enfocarse en los riesgos de mercado, las empresas están expuestas también a otros tipos de riesgos financieros.

Un entendimiento cabal del riesgo permite que los administradores financieros puedan estar en condiciones de planear adecuadamente la forma de anticiparse a posibles resultados adversos y sus consecuencias y de este modo, estar mejor preparados para enfrentar la incertidumbre futura sobre las variables que puedan afectar sus resultados; esto, a su vez, le permite ofrecer mejores precios por administrar el riesgo que su competencia.

Es por ello que las necesidades especiales de la alta gerencia de una institución financiera llevaron a la adopción del valor en riesgo como medida resumen del riesgo del mercado. Posteriormente su difusión exitosa en otras organizaciones financieras y no financieras llevó a mejoramientos en el sistema y la definición de un conjunto de metodologías con base al mismo principio.

Realmente las metodologías que se utilizan no son muchas, sino variantes de la idea original que buscan la precisión en los cálculos de acuerdo a las complejidades que presentan los instrumentos que constituyen los portafolios expuestos a riesgo.

Entonces el concepto subyacente del Valor en Riesgo es el mismo en cualquiera de las metodologías, una especie de autoaseguramiento del valor de activos o, el nivel máximo de capital que una institución estaría dispuesta a perder conocido el nivel de probabilidad. Habrá diferencias en los periodos de cálculo del Valor en Riesgo, en los niveles de confianza y los métodos para definir la serie o lista de precios, históricos o simulados. En esta tesis se describen y se aplican las diferentes metodologías para el cálculo del Valor en Riesgo.

Su objetivo principal de esta investigación es mostrar una herramienta para la valuación de los riesgos de mercado. El VaR ha llegado a ser una medida de riesgo aceptada y fácil de interpretar por los individuos, los reguladores también han aceptado a el VaR como una medida de riesgo de mercado ya que se puede explicar de una manera más sencilla, el VaR esta siendo promovido como una práctica confiable de administración de riesgos.

El desarrollo de esta tesis se divide en cuatro capítulos, en el capítulo I se muestra la necesidad de la administración de riesgos así como también su objetivo principal que es entender la importancia que se tiene actualmente para fomentar la administración de Riesgos, para ello, es necesario conocer los diferentes tipos de riesgos en los que las entidades financieras pueden incurrir. El segundo capítulo, presenta la definición formal del Valor en Riesgo, se plantea el efecto de parámetros cuantitativos tales como nivel de confianza así como el análisis matricial y su descomposición matricial que será útil para propósitos de valuación y también para entender el riesgo. Posteriormente en el capítulo III se describe la metodología de cada uno de los métodos para cuantificar el Valor en Riesgo; finalmente en el capítulo IV se aplica la metodología del método Delta Normal con la simplificación de la matriz de covarianza por medio del uso del coeficiente beta a un portafolio de inversión de capitales.

CAPÍTULO I

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

I.1 ANTECEDENTES

El riesgo como concepto se define como la variación de los flujos no esperados provenientes de movimientos de las variables financieras, en este concepto se puede introducir la noción de probabilidad. Hay que tomar en cuenta que tanto las desviaciones positivas como negativas generan de cierta forma un riesgo ya que representan rendimientos ó pérdidas extraordinarias.

El concepto de Riesgo se relaciona con pérdidas potenciales que se pueden sufrir en un portafolio de inversión, la medición efectiva y cuantitativa del riesgo se asocia con la probabilidad de una pérdida en el futuro, la esencia de la administración de riesgos, consiste en medir o intentar conocer dichas pérdidas en el horizonte futuro.

Se dice que existe riesgo en un problema de elección cuando los resultados constituyen una variable aleatoria cuya distribución de probabilidad es perfectamente conocida por el agente. Existe incertidumbre cuando los resultados de la elección son una variable aleatoria cuya distribución de probabilidad no es perfectamente conocida.

La gestión del riesgo se debe considerar por cualquier institución como un elemento competitivo de carácter estratégico con el objetivo último de maximizar el valor generado para el accionista. Esta gestión esta definida, conceptual y organizativamente, como un tratamiento integral de los diferentes riesgos (Riesgo de crédito, Riesgo de Mercado, Riesgo de Liquidez, Riesgo Operativo y Riesgo Legal), por parte de la institución o por el administrador integral de riesgos.

La administración de riesgos hace que la institución haga el riesgo inherente a sus operaciones, y sea esencial para entender y determinar el comportamiento del valor de los activos que administra, tanto desde el punto de vista de la cartera de inversión de un accionista individual o cliente de la institución, como desde el punto de vista institucional en cuanto a sus activos propios.

En el sentido anterior, la administración integral de riesgos considera varias tipos de riesgo, el presente caso práctico se enfoca al primero de ellos, el riesgo de mercado, aunque para efectos de una comprensión general de los distintos tipos de riesgo que la administración de riesgos considera, y que más adelante se describirán con detalle, los principales tipos son:

Riesgo de Mercado

Riesgo de Crédito

Riesgo Operativo

Es por ello que la administración de riesgos se ha vuelto un área muy importante en las entidades financieras. La administración de riesgos tiene como función medir, controlar e informar sobre los riesgos a los que la entidad se encuentra expuesta.

En el proceso de la administración de riesgos es necesario plantearse ciertas cuestiones como:

- Establece los criterios de aceptación de riesgos.
- Análisis de los riesgos a los que se encuentra expuesta la entidad.
- Evaluación de los resultados.
- Implementación.

El presente caso se enfocará al riesgo de mercado, dado que allí es donde se encuentran las posibles pérdidas de un fondo de inversión que pudieran afectar a un inversionista de manera directa al perder valor su inversión, lo anterior, por la posible caída de la cotización de las acciones del fondo en cuestión, así como de las tasas de interés de los instrumentos de deuda contenidas en el portafolio.

Es importante señalar que se cuantificara el riesgo de mercado mediante el Valor en Riesgo, de forma que se obtenga mediante éste cálculo una medición clara y concreta en dinero de la mayor pérdida potencial a que se enfrenta el inversionista dependiendo del tamaño de su posición.

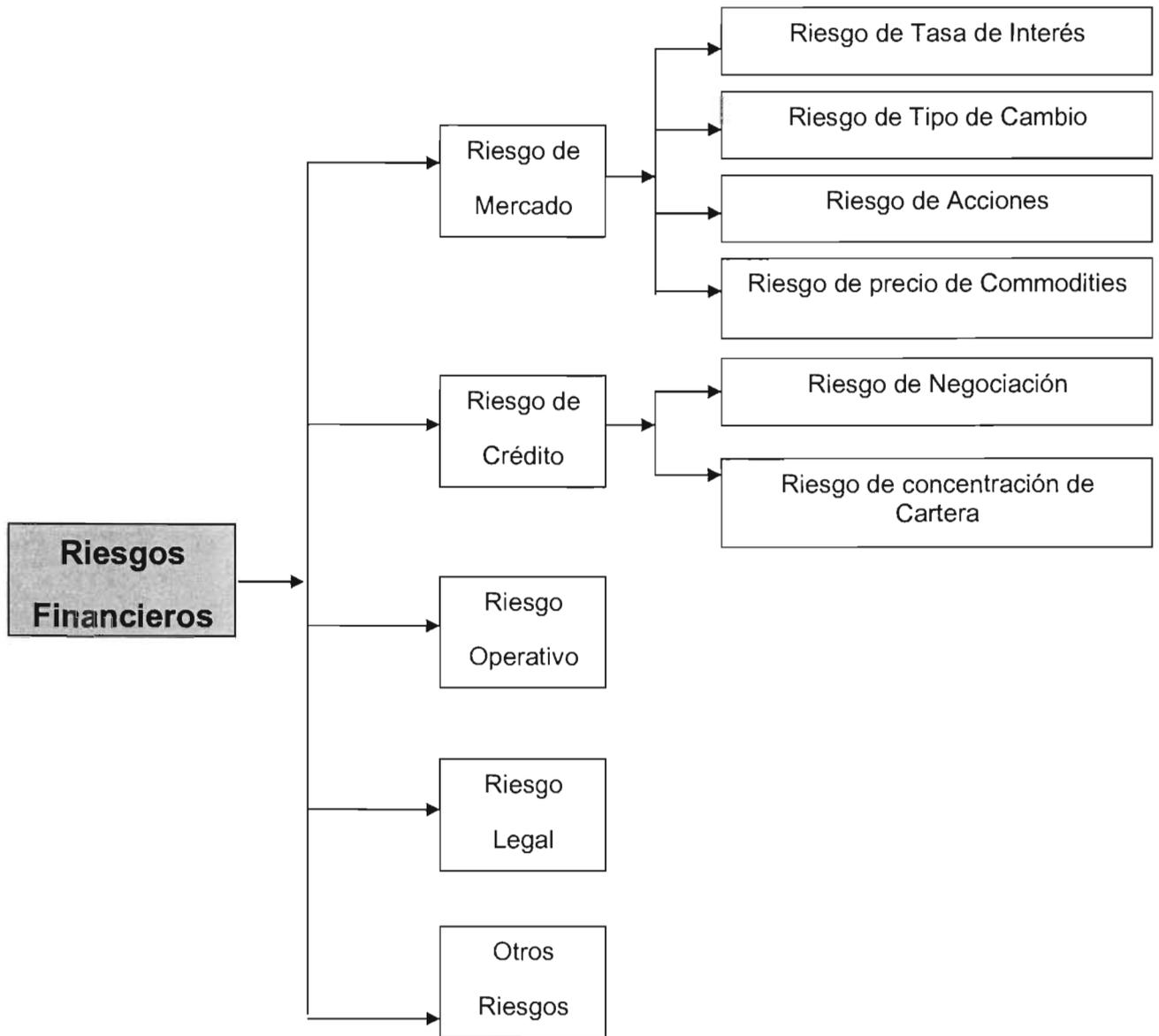
I.II TIPOS DE RIESGOS FINANCIEROS

La administración de Riesgos se ha convertido en una de las principales actividades de las entidades financieras como bancos comerciales y banca de desarrollo, casas de bolsa, compañías aseguradoras y otros intermediarios financieros.

En términos financieros podemos definir al riesgo como la volatilidad de los flujos financieros no esperados derivada de los activos o pasivos. Es decir este tipo de riesgos esta relacionado con las pérdidas ocasionadas en los mercados financieros, de movimientos desfavorables de los tipos de cambio, de la tasa de interés, de los precios de las acciones y cambios en la solvencia de los prestatarios.

A continuación se presentan los principales tipos de riesgo y un esquema que resume los tipos de riesgos así como también sus factores de riesgo de cada uno:

- **Riesgo de Mercado:** La medición del riesgo de mercado cuantifica el cambio potencial en el valor de las posiciones asumidas como consecuencia de cambios en los factores de riesgo de mercado. Cuando se identifican riesgos significativos, se miden y se asignan límites con el fin de asegurar un adecuado control. El riesgo de mercado, se identifica o expresa en las pérdidas resultado de un cambio en el valor de los activos que posee una cartera, inversión o portafolio, se pueden encontrar diversos casos de riesgo de mercado representados por diversos instrumentos y sus características propias, como lo son las tasas de interés, acciones, tipo de cambio, inflación, entre otros.
- **Riesgo de Crédito:** Son las pérdidas referidas a la falta de pago de un crédito acordado entre una institución financiera y una empresa, por ejemplo un crédito bancario al cual la empresa ya no puede hacer frente, es decir, se declara en incapacidad de pago a las amortizaciones o del capital mismo, dependiendo del caso. Dicho riesgo también cambia con la calificación que reciben las empresas en cuanto a su calidad crediticia, esta calificación, afecta los precios de los bonos de las empresas e incluso el valor de la cotización de sus acciones.
- **Riesgo Operativo:** Son las pérdidas generadas por distintos factores de la operación propia de una institución financiera, de éste, se derivan varios subtipos de riesgo operacional como la falta de control a límites de operaciones derivadas (caso de Barings), riesgo de liquidez, cuando el banco requiere de mayor efectivo del que cuenta, riesgo de valuación, cuando se valúa incorrectamente una posición, riesgos de sistemas informativos, esto indica inoperatividad (caída del sistema de transacciones) o errores en el registro de transacciones. Existen muchos otros riesgos operativos que aquejan a una institución financiera, sólo se han mencionado algunos de ellos.



Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

I.III EL PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS.

El objetivo de la administración de riesgos puede expresarse en dos sentidos:

Asegurarse de que una institución o inversionista no sufra pérdidas económicas no aceptables.

Mejorar el desempeño financiero de dicho agente económico, tomando en cuenta el rendimiento ajustado por riesgo.

Lo anterior se logra entendiendo los riesgos que toma la institución, midiendo dichos riesgos, estableciendo controles de riesgo y comunicando dichos riesgos a los órganos colegiados correspondientes (comité de riesgos o consejo de administración).

El proceso de la administración de riesgos implica, en primer lugar, la identificación de riesgos, en segundo su cuantificación y control mediante el establecimiento de límites de tolerancia al riesgo y, finalmente, la modificación o nulificación de dichos riesgos a través de disminuir la exposición al riesgo o de instrumentar una cobertura. A continuación se muestra esquemáticamente este proceso:

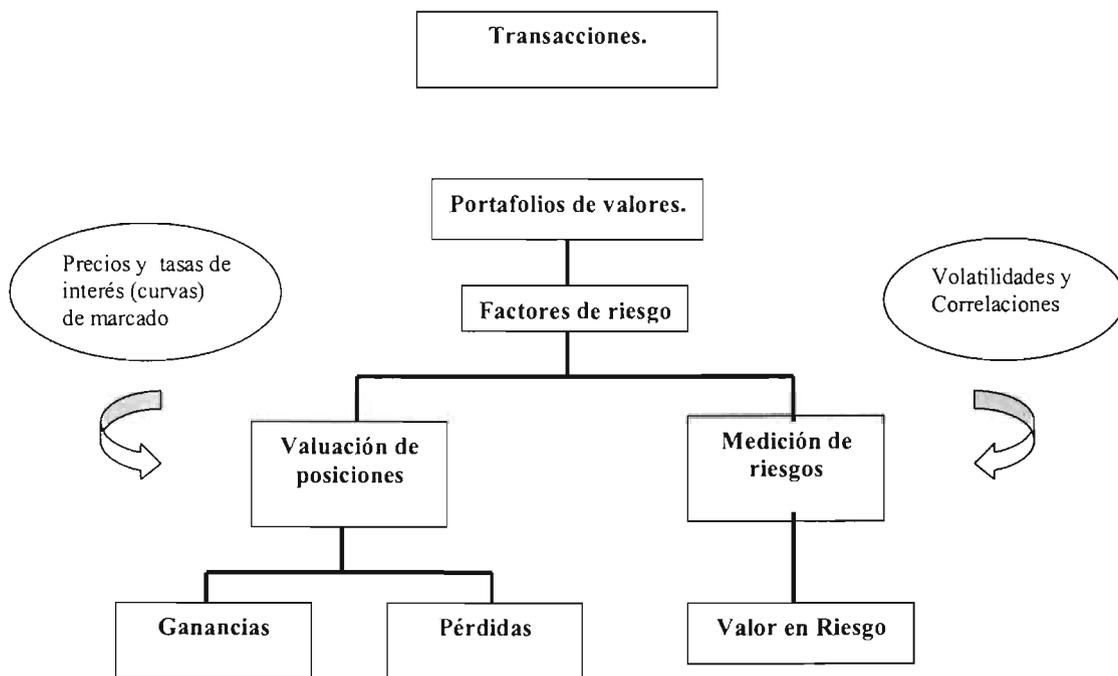


Fuente: Robert Kopprasch

Para lograr una efectiva identificación de riesgos es necesario considerar las diferentes naturalezas de riesgos que se presentan en una transacción. Los riesgos de mercado se asocian a la volatilidad, estructura de correlaciones y liquidez, pero éstos no pueden estar separados de otros, como riesgos operativos (riesgos de modelo, fallas humanas o sistemas) o riesgos de crédito (incumplimiento de contrapartes, riesgos en la custodia de valores, en la liquidación, el degradamiento de la calificación crediticia de algún instrumento o problemas con el colateral o garantías). Por ejemplo, comprar una opción en el mercado de derivados fuera de la bolsa, implica un riesgo de mercado, pero también una de crédito y operacional al mismo tiempo.

El siguiente paso en el proceso de la administración de riesgos se refiere a la cuantificación. Este aspecto ha sido suficientemente explorado en materia de riesgos de mercado. Existe una serie de conceptos que cuantifican el riesgo de mercado, entre ellos el valor en riesgo, duración, convexidad, peor escenario, análisis de sensibilidad, beta delta, etc. Muchas medidas de riesgo pueden ser utilizadas. Como se verá con detalle, el valor en riesgo es un estimado de la máxima pérdida esperada que puede sufrir un portafolio durante un periodo de tiempo específico y con un nivel de confianza o probabilidad definida.

En el siguiente diagrama se muestra la función de cuantificación de riesgo de mercado: por una parte se debe contar con los precios y tasas de interés de mercado para la valuación de los instrumentos y, por otra, cuantificar las Volatilidades y correlaciones que permitan obtener el valor en riesgo por instrumento, por grupo de instrumentos y la exposición de riesgo global.



Las instituciones financieras son tomadoras de riesgo por naturaleza. En este contexto, aquellas que tienen una cultura de riesgos crean una ventaja competitiva frente a los demás. Asumen riesgos más conscientemente, se anticipan a los cambios adversos, se protegen o cubren sus posiciones de eventos inesperados y logran experiencia en el manejo de riesgos. Por el contrario, las instituciones que no tienen cultura de riesgo, posiblemente ganen más dinero en el corto plazo pero en el largo plazo convertirán sus riesgos en pérdidas importantes que pueden significar, inclusive, la bancarrota.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La entidad especificará en que líneas de negocio, productos o mercados se quiere operar y así especificar el riesgo asumido en cada uno.

La identificación de riesgos debe tratar sobre los distintos factores de riesgo a los que se encuentra expuesta cada línea de negocio. Dependiendo del tipo de riesgo en que se este analizando los factores de riesgo que provienen de diferentes variables. Por ejemplo para el caso de los riesgos de mercado, los factores de riesgo provienen de variables financieras. Los riesgos se identificarán por línea de negocio y por tipo de operación. Es recomendable hacer un mapeo de las pérdidas y ganancias de cada activo, y ver que tipo de riesgo tiene cada producto y línea de negocio.

MEDICIÓN DE RIESGOS

La medición del riesgo es una parte fundamental de la administración de riesgo, para ello se debe contar con metodologías y parámetros para poder llevar a cabo la cuantificación de los riesgos, esto conlleva a tener un modelo adecuado a cada tipo de riesgo. Existen riesgos que pueden ser cuantificados y otros que no pueden ser cuantificados, sin embargo pueden ser minimizados y controlados mediante políticas y procedimientos.

En la actualidad podemos encontrar dos grandes metodologías para la medición de riesgos: el análisis de escenarios y técnicas de probabilidad.

El análisis de escenarios selecciona situaciones desfavorables y estima las pérdidas asociadas. Sin embargo este tipo de metodología tiene serias deficiencias como:

- En la mayoría de las veces no se toma en cuenta las probabilidades de ocurrencia.
- La elección de los casos desfavorables no se hace siempre con los mismo criterios

Las técnicas de probabilidad son una metodología mas completa y han permitido evaluar riesgos de forma homogénea a través de una medida común. Para la cuantificación del riesgo se ha utilizado el valor en riesgo que cuantifica la máxima pérdida esperada en un horizonte de tiempo dentro de un intervalo de confianza.

Existen diferentes metodologías para cuantificar el Valor en Riesgo que las mostraremos con detalle en el capítulo III:

- El enfoque Risk Metrics
- Método de simulación histórica
- Método de Monte Carlo
- Método de Monte Carlo estructurado
- Modelo Paramétrico.

El Valor en Riesgo trata de medir los riesgos de una forma sistemática, el beneficio que tiene el VaR es que mide los riesgos de una forma que se entiende fácilmente.

Los métodos tradicionales de medición de riesgo provienen de las diferentes formas en que los instrumentos financieros son negociados, sin embargo las metodologías tradicionales no podían contestar una serie de preguntas que el VaR puede contestar como:

- ¿Cuál es la probabilidad de pérdida máxima en un día?
- ¿Cuánto se puede llegar a perder en circunstancias extremas?
- ¿Qué área de negocios tiene el mayor riesgo?

MONITOREO Y CONTROL DE LOS RIESGOS

El área de análisis y control de riesgo mantendrá un seguimiento en la medición de riesgos y preparar informes de valuación de riesgos para el Comité de Riesgo, agentes externos, áreas de negocio. A su vez éstas dan un seguimiento a las mediciones de riesgo realizadas por el área de análisis y control. En cuanto al control del riesgo se establecen límites a la exposición al riesgo global, por tipo de riesgo y por línea de negocio, dichos límites deberán ser aprobados por el Comité de Riesgo y autorizados por el Consejo Directivo.

Los límites de riesgo se difunden entre las diferentes áreas, donde se tendrán planes de contingencia en caso de que se excedan los límites de riesgo establecidos.

I.IV RIESGOS DE MERCADO

El riesgo de mercado ha tomado gran importancia en los últimos años ya que las entidades han extendido sus actividades a nuevas áreas. El tipo de operaciones que se realizan es de compraventa en los mercados financieros, tienen un carácter a corto plazo y como objetivo obtener el máximo beneficio. Las posiciones que se abren a partir del tipo de operación se valoran a precios de mercado, lo cual implica que si estos varían, entonces ocurre un cambio en la valoración de las posiciones abiertas.

El negocio en el que las instituciones financieras están participando no sólo incluye el riesgo de crédito sino el riesgo de tasa de interés cambiario, entre otros. El hecho es que las instituciones han observado situaciones en donde se cae en pérdidas importantes, provocando en ocasiones bancarrotas, que son ajenas al riesgo de crédito y están relacionadas con el funcionamiento de los mercados financieros.

Algunos casos que han involucrado a instituciones que se pueden mencionar son J.P. Morgan, Barings Bankers Trust, Daiwa, el Condado de Orange. En 1995 el banco Ingles Baring de Singapur, sufrió pérdidas que rebasaban en exceso el capital del banco lo que llevó a la quiebra a la institución con pérdidas por más de 1300 millones de dólares. Para el caso del Condado de Orange, se invirtió en posiciones altamente riesgosas que se tradujeron en más de 1700 millones de dólares, debido a la alza de las tasas de interés. Pérdidas similares han ocurrido en otros casos.

Dentro de los principales factores que han ocasionado pérdidas se encuentran errores en la medición del riesgo, inadecuada valuación en los instrumentos, entre otros. Es por ello que al presentarse serios problemas las entidades reguladoras son más estrictas en cuanto a la administración de riesgos sobre todo los referentes a los de mercado.

Es por ello que se han elaborado metodologías que cuantifican la pérdida máxima que se produce como consecuencia del grado de exposición frente al riesgo. También las instituciones financieras han implementado metodologías que no sólo miden el riesgo, sino que monitorean y controlan el impacto que representa la volatilidad de las variables financieras.

En 1993 el Comité de Supervisión bancaria de Basilea emitió un documento complementario al de 1988 (el cual se refería a los riesgos de crédito) en donde se incluyen las propuestas a la regulación del riesgo de mercado. Esto ha significado que a nivel internacional las instituciones financieras han adoptado las propuestas de Basilea.

JP. Morgan en 1994 emite un documento técnico llamado Risk Metrics en donde se da a conocer el concepto de Valor en riesgo (VaR sus siglas en Ingles Value at Risk), que es una medida de riesgos, sin lugar a duda de mercado.

INSTRUMENTOS FINANCIEROS

La valuación de los riesgos financieros necesita la identificación de los factores, es por ello que se describirán algunos de los instrumentos financieros que tienen riesgo de mercado.

MERCADO DE DINERO

Conjunto de ofertas, demandas y transacciones sobre instrumentos de deuda, por lo general se trata de deuda de bajo riesgo y alto grado de liquidez.

- ❖ Gubernamentales
 - **Cetes** (Certificados de la Tesorería de la Federación). Son títulos de crédito al portador en los que se consigna la obligación de su emisor, el Gobierno Federal de pagar una suma fija de dinero en una fecha predeterminada.
 - **Bondes** Son bonos de desarrollo que emite el Gobierno Federal.
 - **UDIBONOS** Este instrumento está indizado (ligado) al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) para proteger al inversionista de las alzas inflacionarias y está avalado por el Gobierno Federal.
 - **UMS'S** Deuda Soberana emitida en dólares por el Gobierno Federal.

- ❖ Bancarios
 - **PRLV'S** (Pagare con Rendimiento Liquidable al Vencimiento), son títulos de corto plazo emitidos por instituciones de crédito.
 - **AB'S** (Aceptaciones Bancarias), son la letra de cambio (o aceptación) que emite un banco en respaldo al préstamo que hace una empresa.
 - **BONOS BANCARIOS**, títulos de deuda emitidos por una empresa o por el Estado.
 - **CD'S** (Certificados de depósito), es un título de crédito

- ❖ Privados
 - **Papel Comercial**
 - **Pagare a mediano plazo**
 - **Obligaciones**

MERCADO DE CAPITALES

Conjunto de ofertas, demandas, transacciones sobre acciones y obligaciones.

- ❖ **Acciones**

MERCADO DE DIVISAS

El mercado de divisas es aquel en el cual se realizan operaciones con monedas extranjeras en las siguientes modalidades.

- Liquidación mismo día
- Liquidación 24 horas
- Liquidación 48 horas

MERCADO DE PRODUCTOS DERIVADOS

Conjunto de operaciones de contratación con instrumentos que derivan de la función de ciertas variables fundamentales. Un instrumento derivado es un contrato cuyo valor depende del valor del activo financiero subyacente.

- Forwards
- Futuros
- Opciones
- Warrants
- Swaps

La valuación de los riesgos financieros necesita la identificación de los factores de riesgo, es por ello que la institución financiera necesita localizar las líneas de negocio que se presentan en la entidad. En el caso práctico presentado en esta tesis se enfocara al Riesgo Mercado y en el siguiente tema se menciona con detalle los factores del mismo.

IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS DE MERCADO

Para poder implementar una estrategia de administración de riesgos de debe identificar cuales son éstos. Se ha identificado el riesgo de mercado como la pérdida potencial por cambios en los precios de los activos y pasivos financieros. Es por ello que se identificaran primeramente cuales son los factores de riesgo.

Factores de Riesgo.

Cuando se tiene un portafolio con instrumentos de diferente naturaleza es preciso identificar los factores de riesgo a fin de construir una matriz de varianza-covarianza que refleje los riesgos del portafolio. Un solo factor de riesgo podría representar cientos de activos individuales. Cada activo individual puede ser mapeado o descompuesto en uno o más factores de riesgo. Más adelante de manera general se describe el mapeo o descomposiciones de factores.

Factor de riesgo es un parámetro cuyos cambios en los mercados financieros causarán un cambio en el valor presente neto del portafolio

- Tipos de interés
- Tipo de cambio
- Precio de las acciones
- Precios de commodities

Riesgo de Tasa de Interés

Este tipo de riesgo es exógeno, es decir fuera de control de la compañía. Una entidad o línea de negocio esta expuesta a riesgo de tasa de interés cuando su valor depende del nivel que tengan ciertas tasas de interés en los mercados financieros, o el margen futuro dependa de las tasas de interés.

Para cada uno de los mercados financieros está asociada una estructura temporal de tasas de interés, por lo que se debe identificar exactamente a cual de éstas se encuentra expuesta cada línea de negocio.

Riesgo Cambiario

Se puede definir como el riesgo de una variación en las ganancias como resultado de movimientos en un cierto tipo de cambio. Se puede decir que una línea de negocio esta expuesta a riesgo cambiario cuando:

- El valor actual de los activos en cada divisa no coincida con el valor actual de los pasivos en la misma divisa y la diferencia no este compensada por instrumentos fuera de balance.
- Tengan posiciones en productos derivados cuyo subyacente estuviera expuesto a riesgo cambiario.
- Cuando sé este expuesto a riesgo de tasa de interés, de acciones, etc., pero en otra divisa.

Riesgo de acciones.

Este riesgo de acciones cuando el valor depende de la cotización de determinadas acciones o índices de acciones en los mercados financieros.

Riesgo de mercancías (Comomodities)

Este tipo de riesgo se refiere al hecho de que una institución financiera tenga inversiones en mercancías, posiciones en instrumentos derivados cuyo subyacente esta expuesto a riesgo de mercancías, cuando una mercancía determinada interviene de forma importante en el proceso productivo. Entonces podemos decir, que las líneas de negocio están expuestas a riesgo de mercancías cuando su valor depende de la cotización de determinadas mercancías.

MAPEO O DESCOMPOSICIÓN DE POSICIONES

Por mapeo se entiende el proceso mediante el cual se puede expresar o descomponer un instrumento en una combinación de al menos dos instrumentos más simples que el original, es decir, describir portafolios de instrumentos en sus partes más elementales.

Cuando un administrador de riesgos se enfrenta a portafolios con muchas posiciones, las dimensiones de la matriz de varianza y covarianza suelen crecer geométricamente, de manera que la estimación de riesgos puede resultar muy compleja, además de que en la práctica no cuenta con volatilidades y correlaciones para todos los plazos, por lo que resulta muy útil llevar a cabo un mapeo de posiciones para tener la matriz de varianza-covarianza con el menor número de renglones y columnas.

Podemos calcular medidas de la variabilidad tanto para títulos individuales como para carteras de títulos. En el cuadro siguiente vemos las desviaciones típicas estimadas para 10 acciones seleccionadas para el período 1989-1994:

ACCION	DESVIACIÓN TIPICA
AT & T	21.4
BIOGEN	51.5
BRISTOL-MYERS SQUIBB	18.6
COCA COLA	21.6
COMPAQ	43.5
EXXON	12.1
FORD MOTOR	28
GENERAL ELECTRIC	19.6
MC DONALD'S	21.7
MICROSOFT	53.6

La desviación típica de la cartera del mercado fue del 20% durante el mismo período. La gran mayoría de las acciones del cuadro tiene una desviación típica mucho mayor. Esto nos lleva a una cuestión importante, la cartera de mercado está formada por todas las acciones individuales disponibles, ¿Por qué su variabilidad no refleja la variabilidad media de sus componentes?

LA RESPUESTA ES QUE LA DIVERSIFICACIÓN REDUCE LA VARIABILIDAD.

Incluso una pequeña diversificación, suele obtener una reducción sustancial en la variabilidad. La diversificación se produce porque los precios de las diferentes acciones no evolucionan de idéntico modo. Los estadísticos hacen referencia a lo mismo cuando indican que los cambios en los precios de las acciones están imperfectamente correlacionados.

El riesgo que puede ser potencialmente eliminado con la diversificación se llama riesgo único o propio. El riesgo único resulta del hecho que muchos de los peligros que rodean a una empresa son específicos suyos y a la vez de sus competidores inmediatos. Pero hay un riesgo que no se puede evitar, denominado riesgo de mercado, éste deriva de la existencia de otros peligros en el conjunto de la economía que afectan a todos los negocios. Esta es la razón por la que las acciones tienden a moverse en el mismo sentido y los inversores están expuestos a incertidumbre de mercado, independientemente del número de acciones que posean.

El riesgo de una cartera bien diversificada, depende del riesgo de mercado de los activos incluidos en ella.

Harry Markowitz y la Teoría de Cartera

Markowitz centró su atención en la práctica habitual de la diversificación de carteras y mostró como un inversor puede reducir la desviación típica de las rentabilidades de una cartera eligiendo acciones cuyas oscilaciones no sean paralelas. Markowitz continuó con el desarrollo de los principios básicos de la formación de carteras. Estos principios son el fundamento de todo lo que pueda decirse entre riesgo y rentabilidad.

Los principios básicos de la selección de las carteras se reducen en una declaración lógica a que los inversores preferirán aumentar la rentabilidad esperada por sus carteras y reducir el riesgo, o sea, la desviación típica de la rentabilidad. A las carteras que proporcionan la mayor rentabilidad esperada para una desviación típica dada, se las denomina carteras eficientes. Para determinar que carteras son eficientes, un inversor debe ser capaz de expresar la rentabilidad esperada y la desviación típica de cada acción y el grado de correlación para cada par de valores.

La metodología que se expone a continuación es la que propone J.P. Morgan en su documento Risk Metrics. Dicha metodología se basa en la separación de flujos de efectivo de unos instrumentos y se aplica a cualquier instrumento, no solo de deuda. Consiste en separar y colocar cada flujo de efectivo de un instrumento (cupones y principal) en dos flujos correspondientes a los vértices adyacentes de la curva de rendimientos de tasas de interés. Las premisas que deben cumplirse son las siguientes:

- El valor de mercado de dos flujos de efectivo debe ser igual al valor de mercado del flujo de efectivo original.
- El riesgo de mercado de portafolios compuesto por dos flujos de efectivo debe ser igual al riesgo de mercado del flujo de efectivo original.
- El signo de dos flujos de efectivo debe ser igual al signo del flujo de efectivo original.

La manera de descomponer el flujo de efectivo original en dos flujos de efectivo que cumplan con las condiciones anteriores se ilustra con el siguiente ejemplo: sea un flujo de efectivo que vence en P años y que desea descomponer en uno que se coloque en el periodo A y otro en el periodo B. El mapeo del instrumento de P años será una combinación de la siguiente manera:

$$I_P^{Mapeo} = \alpha I_A + (1 - \alpha) I_B$$

El problema consiste en encontrar el valor de α , es decir, el peso específico que se necesita aplicar al flujo de efectivo para descomponerlo en dos. Por otro lado, se sabe que la varianza del instrumento original es:

$$\sigma_P^2 = \alpha^2 \sigma_A^2 + (1 - \alpha)^2 \sigma_B^2 + 2\rho\alpha(1 - \alpha)\sigma_A\sigma_B$$

La ecuación anterior se reduce a la forma de una ecuación de segundo grado del tipo:

$$a\alpha^2 + b\alpha + c = 0$$

cuya solución esta dada por:

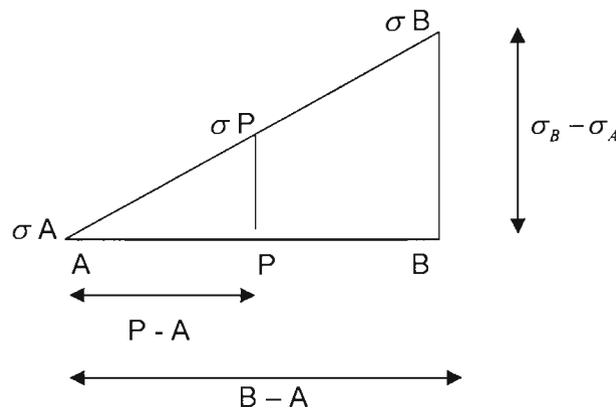
$$\alpha = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\rho_{AB}\sigma_A\sigma_B$$

$$b = 2\rho_{AB}\sigma_A\sigma_B - 2\sigma_B^2$$

$$c = \sigma_B^2 - \sigma_P^2$$

Para determinar la volatilidad del instrumento original se sugiere interpolar linealmente de la siguiente manera:



Aplicando geometría se obtiene:

$$\frac{x}{\sigma_B - \sigma_A} = \frac{p - A}{B - A}$$

Despejando se tiene:

$$x = (\sigma_B - \sigma_A) \frac{p - A}{B - A}$$

Por lo cual la volatilidad interpolada al plazo de P será la suma de la volatilidad del plazo A más el valor de la incógnita calculada

$$\sigma_P = \sigma_A + x$$

A continuación se establecen los pasos a seguir para determinar el valor en riesgo de un portafolio de deuda, considerando que se mapean las posiciones.

- a) Se calculan las volatilidades de los rendimientos de las tasas de interés y la duración modificada para cada vértice de la curva de rendimientos de tasas.
- b) Se calcula la matriz de correlaciones entre los rendimientos de las tasas de interés considerando los vértices de la curva de rendimientos de tasas de interés.
- c) Se calculan las volatilidades y la tasa de rendimiento para cada instrumento, mediante una interpolación lineal.
- d) Se determina el vector de valor presente de las posiciones utilizando las tasas interpoladas como tasas de descuento.
- e) Se calculan los valores de alfa para cada instrumento, con el objeto de mapear la posición.
- f) Se aplica el factor alfa (y 1-alfa) para descomponer las posiciones y determinar un nuevo vector de posiciones.
- g) Se determina el vector de pesos específicos de cada instrumento, cuya suma debe ser igual a uno.
- h) Se obtienen la matriz de volatilidades de precios, una matriz diagonal con elementos de cero fuera de la diagonal.
- i) Se calcula la volatilidad del portafolio, de acuerdo con la fórmula arriba mencionada.
- j) Se calcula el valor en riesgo del portafolio.

CAPÍTULO II

VALOR EN RIESGO

II.I ANTECEDENTES

En cuanto a los orígenes del VaR, derivado directamente de la necesidad de la administración de riesgos y de allí la relación entre ambos, se puede ubicar como consecuencia de variadas experiencias negativas en inversiones, una de ellas, y tal vez la más sonada en el medio, fue la de Barings, un banco inglés de tradición con 233 años de antigüedad, el 26 de febrero de 1995 había caído en bancarrota, el desplome del banco se debió a un solo operador, Nicholas Leeson, de 28 años de edad, quien perdió 1.3 mil millones de dólares americanos (USD) en la operación con derivados, esta pérdida aniquiló el capital social de la empresa.

El operador acumuló posiciones de futuros sobre índices accionarios particularmente sobre el Nikke, sumando 7 mil millones de USD, el mercado cayó 15% durante enero de 1995 con lo que Barings sufrió una gran pérdida, Leeson incrementó el tamaño de la posición con la obstinada creencia de que estaba en lo correcto y que el mercado registraría alzas, sin embargo, su incapacidad de pago en efectivo requerido por las bolsas acreedoras, lo obligó a huir el 23 de Febrero del mismo año.

Como se puede observar, el riesgo de mercado fue el causante de la quiebra del banco, es difícil saber el momento en el cual debió tomar pérdidas para evitar seguir en esa tendencia, es decir no tenía un límite establecido para ello, claramente se percibe una falta de supervisión del back office (área de control operativa), ya que el monto de las posiciones acumuladas pusieron en riesgo, y de hecho, eliminaron al capital social del banco.

Esta historia terminó cuando los accionistas de Barings asumieron las pérdidas por lo que el valor en libros del Banco resultó en cero, perdiendo cerca de mil millones de USD de capitalización de mercado, los tenedores de bonos recibieron 5 centavos por USD, ING compró Barings por 1.5 USD, Leeson fue extraditado a Singapur donde fue sentenciado a 6 años y medio de prisión.

Lo anterior, pudo haberse evitado si se hubiera tenido en cuenta el VaR de las posiciones en derivados del banco, es decir, la pérdida máxima esperada por dichas posiciones, eso es el VaR y sirve para cualquier tipo de cartera de valores.

Otros muchos casos pueden revisarse como antecedentes de los que justifican el cálculo del VaR, Metallgesellschaft, una empresa petrolera que comenzó a tener problemas al ofrecer contratos de largo plazo en productos petroleros, los clientes compraron a precios fijos en periodos largos (10 años), para cubrirse de incrementos en los precios la empresa debió recurrir a forwards de largo plazo ajustando sus vencimientos y contratos, sin embargo el mercado no los ofrecía viablemente por lo que acudió a futuros a corto plazo.

En el 93 los precios cayeron de 20 a 15 USD por barril por lo que la empresa fue llamada a un margen por un monto aproximado de mil millones de USD que tuvieron que ser

liquidados en efectivo, dichas pérdidas se pudieron haber compensado por los contratos de largo plazo precisamente pactadas a un precio que se significaría en menor pérdida para la empresa, sin embargo liquidó los contratos restantes conduciendo a una pérdida reportada de 1.3 mil millones de USD, la auditoría señalaba que las pérdidas fueron causadas por el tamaño de la exposición operada al riesgo mercado.

Otro caso ilustrativo, fue el condado de Orange que tuvo problemas con sus posiciones de riesgo cuando los costos de financiamiento de corto plazo eran más bajos que el rendimiento al mediano plazo, es ese momento una estrategia con alto apalancamiento resultó adecuada mientras caían las tasas de interés al ocurrir lo contrario en Febrero del 94 se tuvieron que reconocer pérdidas por 1.64 mil millones de USD por el nivel del pasivo y el crecimiento de las tasas de financiamiento.

En todos los casos, se observa que las posiciones de riesgo no fueron debidamente valoradas, lo que pudo evitar estas grandes pérdidas. Lo anterior motivó a las empresas a buscar sus propios mecanismos de supervisión y vigilancia, la iniciativa más notable es la de JP Morgan que en Octubre del 94 lanzó Risk Metrics, donde se representa una matriz de varianza y covarianza de riesgo y medidas de correlación que evolucionan a través del tiempo, la iniciativa buscaba:

- Promover una mayor transparencia del riesgo de mercado
- Difundir esta herramienta de administración de riesgo a cualquier usuario
- Establecer su metodología como estándar en la industria.

La revelación pública del riesgo puede reducir el riesgo sistemático contribuyendo a estabilizar el sistema financiero, por lo que ante la Comisión de Inversión e Intercambio las compañías pueden elegir entre algunas opciones de revelación de información.

- Prestar tabularmente los flujos de efectivo esperados y de los términos de los contratos resumidos por categoría de riesgo.
- Un análisis de sensibilidad que exprese las pérdidas potenciales ante cambios hipotéticos en los precios de mercado (simulaciones)
- Mediciones del VaR para el período que se declare, comparado con los cambios reales en los valores del mercado.

II.II VALOR EN RIESGO

El Valor el Riesgo (VaR, Value at Risk), surge como una necesidad al manejo de pérdidas de capital, a la Implementación de límites a las pérdidas que pudieran darse en una inversión o portafolio de inversión, los riesgos que implica una inversión son variados y estos son los que pueden provocar una disminución en el valor del capital de la inversión, entendido el capital como el monto de una inversión o posición en valores.

La volatilidad financiera inconstante en la última década ha ido generando la necesidad del desarrollo de técnicas enfocadas a cubrir las inversiones o portafolios de dicha volatilidad, como es la ingeniería financiera y la administración de riesgos, el VaR es un instrumento más para el logro de estos objetivos, es solo una pequeña parte de la disciplina de la administración de riesgos, sin embargo, es un indicador sencillo, medible y entendible para todo aquel inversionista preocupado por el valor de su inversión, preocupado por poner límites a sus pérdidas dado que potencialmente se encuentran siempre latentes.

Su propósito principal es cuantificar el riesgo de mercado al estar diseñado para permitir que la administración pueda tomar medidas correctivas de forma oportuna, en caso de pérdidas o de exposiciones inusuales.

En términos generales, este método puede beneficiar a cualquier institución con exposición al riesgo financiero, tal como:

- **Instituciones Financieras**

Las instituciones que tienen que ver con numerosas fuentes de riesgo financiero e instrumentos complicados, están implementando ahora sistemas centralizados de administración de riesgo.

- **Expertos en regulación**

La regulación de las instituciones financieras requiere el mantenimiento de niveles mínimos de capital como reservas contra el riesgo financiero. El Comité de Basilea para la supervisión bancaria, el Banco de la Reserva Federal de los Estados Unidos y los reguladores en la Unión Europea han coincidido en adoptar al VaR como una medida aceptable del riesgo.

- **Empresas no financieras**

El VaR también es apropiado para empresas que necesitan un flujo estable de ingresos para invertir en investigación y desarrollo, por lo que este tipo de análisis puede utilizarse para establecer la probabilidad de que una empresa enfrente una caída crítica de sus fondos.

- **Administradores de Activos**

Los inversionistas internacionales están recurriendo ahora al VaR para controlar mejor los riesgos financieros.

Evidentemente la sencillez para estimar el riesgo de capital mediante el VaR es uno de los factores que ha coadyuvado a su aceptación entre los intermediarios financieros y los reguladores. Sin embargo, también se podrían mencionar al menos cinco ventajas más de las que destacan las siguientes:

1.- La estimación del VaR esta expresada en pesos, lo que permite homogeneizar y comparar los riesgos de las diferentes posiciones de una institución financiera, es decir, el VaR permite construir portafolios de referencia ("benchmark). Eso contrasta con los enfoques tradicionales donde, por ejemplo, para medir el riesgo de una posición en renta fija se utilizaba el concepto de duración, mientras que para determinar el riesgo de una cartera de acciones se utilizaba a la β , lo que impedía comparar los riesgos de esas posiciones.

2.- La metodología de valor en riesgo se puede aplicar a todas las posiciones de riesgo o carteras de inversión y a todos los niveles de una institución financiera. Recientemente los modelos de VaR también se están aplicando a aseguradoras, fondos de pensiones y bancos al menudeo.

3.- El riesgo del portafolio esta directamente relacionado con el comportamiento de variables de mercado, como las tasas de interés, el tipo de cambio, los precios de los activos financieros, y de crédito, como la tasa del incumplimiento. Eso permite entender la naturaleza de los riesgos y, por ende, la manera de controlarlos.

4.- Los miembros del consejo directivo y de la alta dirección de las instituciones financieras pueden entender e interpretar fácilmente sus riesgos mediante el VaR, sin tener que conocer los cálculos complicados que se requieren para realizarlos.

5.- Ayuda a la dirección a evaluar el comportamiento de las unidades de negocio y a determinar la estrategia de la institución financiera bajo una base de rendimientos ajustados por riesgos, es decir, permite asignar el capital a las áreas de negocio en función de los rendimientos esperados y del nivel de riesgo que se debe soportar para alcanzarlo. En otras palabras, el riesgo de capital es equivalente al capital económico que soporta la operación de una unidad de riesgo.

Como resultado de estas ventajas, y como consecuencia de los quebrantos observados por instituciones financieras por tomar riesgos de mercado y de crédito excesivos, el Comité de Basilea adoptó la metodología del VaR para determinar los requerimientos de capital de las instituciones financieras por concepto del riesgo de mercado, regulación que entró en vigor en diciembre de 1997, de las regulaciones del VaR se profundizara mas adelante.

¿QUÉ ES EL VALOR EN RIESGO?

Resulta entonces indispensable definir el Valor en Riesgo (por sus siglas en inglés Value at Risk, VaR) para entender su uso en el presente caso práctico,

El VaR es una medida estadística del riesgo que estima la pérdida máxima que puede experimentar un portafolio con un nivel dado de confianza,

está definición ubica al VaR como una medida concreta del riesgo de mercado en el cual incurre un portafolio, así mismo,

El VaR resume la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) a lo largo de un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza dado,

Como se observa en ambas definiciones se habla de pérdida máxima, lo anterior debido a que se relaciona directamente con la inversión monetariamente hablando y con el mayor valor que se puede perder con un nivel de confianza y el horizonte de tiempo que se determine.

El riesgo de capital y concretamente el VaR, se define como la pérdida máxima que una institución financiera podría observar –Por una determinada posición o cartera de inversión, la cual se supone que no cambia durante el periodo de inversión– pudiéndose presentar con cambios en los factores de riesgo, durante un horizonte de inversión definido y con un nivel de probabilidad determinado.

En términos algebraicos, si se supone que “x” es una variable aleatoria que representa las pérdidas o ganancias en alguna fecha futura “T” y “Z” es la probabilidad porcentual, el VaR se define como:

$$\text{Prob}(x_T < VaR) = Z$$

De acuerdo con la definición anterior, la estimación del VaR involucra cuatro elementos que deben definirse de manera precisa si el objetivo es realizar estimaciones confiables:

1.- Grado de sensibilidad del valor de la cartera de inversión ante cambios en los factores de riesgo. Para estimar el VaR se requiere determinar un conjunto de factores de riesgo alternativos que, comparados con los niveles de los factores de riesgo vigentes permitan estimar las pérdidas o ganancias de un portafolio de inversión o de crédito, sin embargo, la relación entre el cambio en los factores de riesgo y el cambio en el valor del portafolio puede tomar diferentes formas.

- **Relación lineal:** la respuesta porcentual del valor de una cartera es equivalente al cambio porcentual en los factores de riesgo.
- **Relación convexa:** en este caso la respuesta del valor de la cartera ante cambios en los factores de riesgo, aunque siguen una tendencia, esta no es lineal.
- **Relación irregular:** Se pueden observar relaciones no lineales entre los cambios del valor de la cartera y los cambios en los factores de riesgo, sobre todo cuando la cartera incluye títulos opcionales.

La elección del modelo del VaR apropiado dependerá del tipo de relación que hay entre los cambios en los factores de riesgo de los instrumentos que conforman la cartera de inversión, y el cambio en el valor del portafolio.

2.- Forma de la distribución de probabilidad del cambio en los factores de riesgo.

Para determinar el tamaño y la probabilidad de que se presenten movimientos adversos en los factores de riesgo que determinan el precio de los activos financieros y crediticios, es preciso conocer la distribución de frecuencias de los cambios de estos factores de riesgo.

3.- Horizonte de inversión. Es necesario determinar el periodo en el que se supone que se mantendrá la posición de riesgo en las instituciones financieras. Donde existe una relación directa entre el horizonte de inversión y el VaR, ya que en la medida que un portafolio se mantenga por más tiempo, el riesgo será mayor. Para determinar el horizonte de inversión se deberían tener en cuenta los siguientes factores.

- **Liquidez y tamaño de la posición.** Si el horizonte se interpreta como el periodo en que la institución financiera podría deshacerse o cubrir la posición de riesgo, este horizonte debería depender del monto y de la liquidez de la misma.
- **Propósito de la posición de riesgo.** Para que mercado va dirigido.
- **Desarrollo de los mercados.** El tamaño de los mercados es otra variable determinante en la definición del horizonte de riesgo
- **Condiciones de los mercados.** El periodo necesario para liquidar o cubrir la posición de riesgo depende de las condiciones de mercado.
- **Supuestos del modelo.** Calcular el VaR para diferentes horizontes de inversión a partir de la estimación de la volatilidad calculada con datos diarios, solo puede realizarse si se cumplen determinados supuestos estadísticos.

Como se observa, son diversos los elementos que influyen en la determinación óptima del horizonte de inversión. A pesar de ello, y para efectos de determinar los requerimientos de capital, por concepto del riesgo de mercado el Comité de Basilea definió un horizonte de inversión de dos semanas (10 días hábiles).

4.- Nivel de confianza. Esto implica determinar, de un número de resultados probables de pérdidas o ganancias, en cuantos de ellos un intermediario requiere que la estimación de las pérdidas máximas (VaR) sea inferior a la que realmente podrían observarse.

Entonces,

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

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 rendimiento del portafolio caerá mas de lo que señala el VaR, en relación con el rendimiento esperado.

Si consideramos una serie de rendimientos históricos de un portafolio que posee un número de n activos, es factible visualizar la distribución de densidad de aquellos rendimientos a través del análisis del histograma. Es común encontrar fluctuaciones de rendimientos en torno a un valor medio levemente diferente de cero (este concepto de 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 rendimientos, 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 (α).

La distancia de este punto en el dominio de la distribución en relación al valor esperado de la distribución se denomina Valor en Riesgo (Gráfico 1).

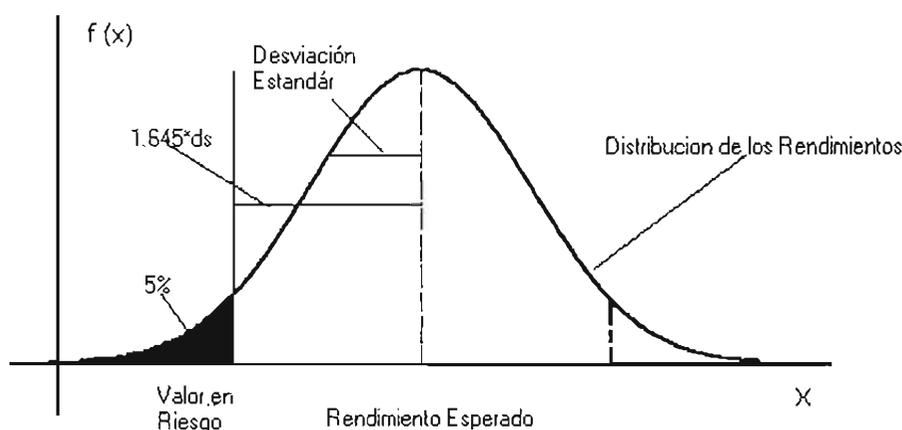


Gráfico 1

Analíticamente el Valor en Riesgo se define por el límite superior de la integral de la función de rendimientos esperados $r(s)$.

$$\int_{-\infty}^{E[r]-VaR} r(s) ds = \alpha \quad \dots\dots (1)$$

Usualmente se asume que el valor esperado de los rendimientos es cero, $E[r]=0$, con lo cual la solución a la expresión (1) se transforma a:

$$\int_{-\infty}^{-VaR} r(s) ds = \alpha \quad \dots\dots (2)$$

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

$$VaR = \alpha \cdot \sqrt{\sigma^2} \cdot \Delta t \quad \dots\dots (3)$$

donde α es el factor que define el área de pérdida de los rendimientos, σ^2 la varianza de los rendimientos, y Δt el horizonte de tiempo para el cual se calculará el factor de riesgo VaR.

En la medida que delimitamos un α de 5% como área de pérdida, debemos multiplicar a la desviación estándar de la serie de rendimientos (σ) por 1.645.

Es decir, si el rendimiento esperado para un portafolio es de 4% y la desviación estándar es del 2%, entonces el VaR (con nivel de significancia del 5%) indicara que este portafolio podría sufrir una pérdida superior a $1.645 \cdot 2 = 3.29\%$ en sus rendimientos esperados, pasando de 4% a 0.71% o menos, solamente el 5% de las veces (1 de 20 veces, es decir, utilizando información diaria esto significa una vez por mes).

Si medimos en términos monetarios, asumiendo una riqueza financiera de \$200,000.00 entonces el VaR alcanzaria a $\$200,000.00 \cdot 0.0329 = \$6,580.00$. Es decir en lugar de rentar \$8,000.00 (4% de \$200,000.00), un 5% de las veces el portafolio podría ver disminuido esta rentabilidad en \$6,580.00 o más de un día para otro.

Diferentes metodologías son utilizadas actualmente para la medición del VaR, estas difieren básicamente en dos aspectos:

- Cómo los cambios en el valor de los instrumentos financieros son estimados como resultado de los cambios en el mercado financiero.
- Cómo los cambios potenciales en el mercado financiero son estimados.

Primero se definen los factores cuantitativos los cuales se refieren a los supuestos que mantiene la medición de riesgos. Tomando en cuenta las recomendaciones del Comité de Basilea y algunas otras autoridades reguladoras, las características mínimas que deben cumplir los sistemas de medición de riesgos son:

Horizonte de tiempo:	Diario
Intervalo de confianza:	99% (Basilea) 95% (Risk Metrics)

El horizonte de tiempo puede ser determinado por la naturaleza del portafolio y la liquidez de los valores. Los bancos comerciales reportan su VaR operativo sobre un horizonte diario al gran volumen de transacciones en sus portafolios, los portafolios de inversión como fondos de pensión ajustan sus exposiciones al riesgo de manera más lenta.

La metodología del Valor en Riesgo es una herramienta que ha entrado al mercado de manera exitosa por su versatilidad dentro del mismo.

Esta metodología, trabaja sobre los valores históricos de mercado, de los factores de riesgo a los cuales se está expuesto y de los cuales, se pueden conocer sus variaciones y correlaciones.

Tal vez la mayor ventaja del VaR, es que resume en un solo número fácil de entender, la exposición total de una institución al riesgo de mercado.

Sin duda, esto explica porque rápidamente se convierte en una herramienta esencial para la presentación de los riesgos operativos y porque éste se ha catalogado como el estándar para la medición de los riesgos financieros.

El VaR se estima a partir de los factores de riesgo que contenga el portafolio, es decir, los factores que afectan a los valores que contiene y el comportamiento que presenten en determinado horizonte de tiempo, estos son acciones (mercado de capitales) y títulos de deuda (mercado de dinero), son las variables financieras que determinan el precio de un activo contenidos a su vez en conjunto en un fondo de inversión, lo que determina el precio o valor de la acción del fondo.

Los factores de riesgo, afectaran el valor del activo o portafolio dependiendo de su valor propio, es decir, para el caso de las acciones, será el precio de la acción y para el caso de los títulos de deuda lo serán las tasas de interés.

En caso de que el portafolio tuviera dólares, el factor de riesgo sería el tipo de cambio, lo mismo sucede con los instrumentos de deuda extranjeros, su factor de riesgo sería la divisa en que se encuentran emitidos y la tasa de interés del instrumento en cuestión.

El VaR combina la exposición a una fuente de riesgo, con la probabilidad de un movimiento adverso en el mercado.

Su enfoque permite a los inversionistas incluir varios activos tales como divisas extranjeras, productos físicos acciones, los cuales están expuestos a otros tipos de riesgo además en los movimientos en las tasas de interés.

Por lo tanto, el VaR constituye un gran avance en las mediciones convencionales de riesgo tales como el vencimiento, la duración y los análisis de intervalos.

Por todo esto, el VaR es útil para una gran cantidad de propósitos:

- **Presentación de información:** El VaR ayuda a la evaluación de los riesgos que corren las operaciones de mercado y de inversión en una empresa.
- **Asignación de recursos:** Determina límites de posición a los operadores y ayuda a decidir donde asigna los recursos limitados de capital. Crea un denominador común con la cual comparar las actividades riesgosas en diversos mercados. Así mismo, el riesgo total de la empresa puede descomponerse en VaR's incrementales que permiten a los usuarios descubrir que posiciones contribuyen más al riesgo total.
- **Evaluación del desempeño:** El VaR puede utilizarse para ajustar el desempeño por riesgo.

Finalmente podemos decir que el mayor beneficio del VaR es la creación de una metodología estructurada, para pensar críticamente sobre el riesgo.

REGULACIÓN DEL VALOR EN RIESGO

El ímpetu para el uso del valor en riesgo también vino de los reguladores bancarios. En la búsqueda de un sistema financiero seguro y confiable, los reguladores han mostrado una preocupación creciente por el potencial efecto desestabilizador de las actividades operativas en expansión de las instituciones financieras.

En sus últimas propuestas fechadas en abril de 1995, los bancos centrales reconocieron implícitamente que los modelos de administración del riesgo, utilizados por los principales bancos comerciales son, con mucho, más avanzados que cualquier cosa que ellos pudieran proponer. Los bancos ahora tienen la opción de utilizar su propio modelo VaR como base para las mediciones de requerimiento de capital. Por lo tanto, el VaR está siendo promovido oficialmente como una práctica confiable de administración del riesgo.

Las Casas de Bolsa también están en el negocio de la administración de riesgos financieros. Aquí también, la tendencia es, inexorablemente, hacia la utilización del Valor en Riesgo.

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

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

El riesgo sistémico es un tanto difícil de evaluar, debido a que implica situaciones de inestabilidad extrema, motivo por el cual se observa con poca frecuencia. Sin embargo, en años recientes dos grandes empresas, Drexel y Barings, quebraron sin provocar otros incumplimientos.

El seguro de depósito también es un argumento a favor de la regulación. Por naturaleza, los depósitos bancarios son desestabilizadores. A los depositarios se les promete que se les pagará el valor nominal completo de su inversión cuando así lo soliciten. Lógicamente, pueden provocar abalanzarse sobre el banco y realizar retiros en masa si temen que los activos de algún banco han caído por debajo de sus pasivos. Dado que los activos del banco pueden ser invertidos en valores no líquidos o inversiones de bienes raíces, la carrera forzará la liquidación de los mismos, pudiendo generar con ello grandes costos.

Los sistemas financieros privados pueden no ser capaces de proporcionar garantías a los inversionistas si ocurren grandes crisis macroeconómicas, como la depresión de los treinta.

En Octubre de 1998 el Banco de México indico la conveniencia de que los bancos homogeneicen los 31 puntos que aplican a la operación, negociación y control en riesgo de los instrumentos derivados, a todos los productos y servicios que negocian las mesas financieras de las casas de bolsa y de los bancos.

- En enero de 1999, mediante la circular 1423, la CNBV emitió las “Disposiciones de Carácter Prudencial en Materia de Administración Integral de Riesgos”. Las principales disposiciones son:
 - Las instituciones deberán definir los objetivos sobre su exposición al riesgo, deberán determinar las funciones y responsabilidades de las distintas áreas y órganos sociales en el proceso de administración de riesgo, y deberán medir, limitar, controlar e informar sobre los riesgos cuantificables.
 - Se responsabiliza al Consejo de Administración de la aprobación de las políticas y procedimientos para la administración integral de riesgos, políticas y procedimientos que se tendrán que evaluar periódicamente.
 - Se responsabiliza a los Comités de Riesgo del seguimiento, control y divulgación de los riesgos de la institución. El comité debe informar al Consejo de Administración por lo menos cada tres meses, sobre los riesgos de la institución.
 - Las unidades de control de riesgos tendrán que ser unidades independientes de las áreas de negocio, y serán las áreas responsables de vigilar que el sistema de riesgos sea integral. Cualquier desviación de los límites de riesgos deberán informarse a la Dirección General de la entidad. Asimismo, el proceso de administración de riesgos deberá ser audible.
 - Se deberán cuantificar los riesgos de mercado, de crédito y de liquidez. En el caso del riesgo operativo se deberán establecer planes de contingencia y sistemas de control de alerta temprana.
 - Para administrar el riesgo de mercado se deberán utilizar modelos de valor en riesgo. Mientras la circular establece que se deberá evaluar la diversificación de los riesgos de mercado, y que las unidades de riesgo deberán allegarse de información histórica de los factores de riesgo, no define los parámetros, como lo hace Basilea, que deberán considerarse para la estimación del VaR.

** Por último, en 1999 el Banco de México determinó un formato en el que las empresas responsables de la evaluación externa de los requerimientos de los 31 puntos tendrán que basarse para validar los modelos de valuación y de riesgos que se utilizan en la concertación y registro de los instrumentos derivados. Dicho formato incluye la verificación de los modelos en condiciones de estabilidad y de estrés y el análisis de la calidad de las estimaciones de los modelos.

Es decir, el proceso de instrumentación de los modelos de Valor en Riesgo en México está rezagado en relación con el marco regulatorio del Grupo de los diez, el cual a partir de 1998 ya estima de manera obligatoria el valor en Riesgo. Parte de la explicación de este retraso se debe a:

- Creación reciente de las unidades de control de riesgos en las entidades financieras.
- Sistemas de información deficientes que impiden estimar la posición de riesgo global de las instituciones financieras.

- Es hasta 1997 cuando algunas autoridades reguladoras cuentan con sistemas de administración de riesgos, que les podrán permitir determinar qué marco normativo es el más adecuado para las instituciones financieras.
- La difusión de los modelos de valor en riesgo es escasa y la bibliografía sobre el tema está dispersa y en ocasiones es demasiado complicada, incluso para las mismas personas que forman parte de las unidades de control de riesgo.

A nivel internacional las entidades reguladoras han adoptado el concepto de regulación prudencial, es decir, los bancos son los responsables de controlar los riesgos que eligen bajo un criterio estándar de requerimientos de capital. A continuación se describe de manera cronológica los acuerdos tomados al respecto:

**** 1988 Grupo de los 10 Basilea**

- Requerimiento de Capital mínimo aplicables a todos los países
- Capital mínimo 8% del total de activos ponderados por riesgo.
- Posiciones de riesgo excesivo (10% del valor del capital)

**** 1993 Comité de Basilea**

- Instrumentación del "modelo estándar"
- Estimar el VaR de cada tipo de riesgo
- El VaR total se estima como la suma de los VaR individuales.

**** Grupo de los 30**

- Valorar las posiciones a precios de mercado y estimar riesgos financieros con el Valor en Riesgo.

**** The Financial Accounting Standards Board**

- Los activos (acciones y deuda) se clasifican en tres, en función del tipo de posición de que se trate:
 - A vencimiento se reportan a costo de amortización
 - Para trading se reportan a valor de mercado y las ganancias (pérdidas) van a resultados.

- Para venta: se reportan a valor de mercado y las ganancias (pérdidas) se registran en una cuenta de capital.
- Recomienda la estimación del VaR

**** 1995 Securities and exchange Comission (SEC)**

* La información que se entregue a la SEC debe incluir cualquiera de los tres reportes siguientes:

- Flujos esperados por categoría de riesgo.
- Análisis de sensibilidad para estimar pérdidas por cambios hipotéticos en los precios de mercado.
- Estimación del valor en riesgo.

**** 1995 Federal Reserve Board.**

- Propone el modelo ("precommitment") para estimar los requerimientos de capital.
- El capital requerido lo determina cada institución en función de la pérdida máxima que las mesas de operación esperan.
- Si una institución financiera sufre una pérdida mayor a este capital estimado, el capital requerido debe incrementarse.

**** 1995 – 1996 – 1997 Comité de Basilea**

- Instrumentación de modelos internos elegidos por las propias instituciones.
- La estimación del VaR de mercado debe cumplir con los siguientes requisitos:
 - Horizonte de riesgo de 10 días
 - Intervalo de confianza: 99%
 - Observaciones históricas de por lo menos un año.
 - Se consideran correlaciones entre categorías de riesgo.

II.III ANÁLISIS MATRICIAL DEL VALOR EN RIESGO.

En esta sección se desarrolla con mayor rigurosidad analítica el concepto del Valor en Riesgo estructura que servirá para efectuar simulaciones de una cartera ficticia en secciones posteriores.

Sabemos que el rendimiento de un portafolio de dos activos se representa por la combinación lineal o promedio ponderado de los rendimientos particulares de cada activo:

$$R_p = w_1 \cdot R_1 + w_2 \cdot R_2$$

donde la suma de los ponderadores es igual a 1. De aquí se desprende que la varianza de este portafolio se denota por

$$\begin{aligned} V(R_p) &= V(w_1 \cdot R_1 + w_2 \cdot R_2) \\ \Rightarrow V(R_p) &= w_1^2 \cdot V(R_1) + w_2^2 \cdot V(R_2) + 2 \cdot \text{Cov}(R_1, R_2) \end{aligned}$$

Si definimos a las varianzas por σ_i^2 y aplicamos la fórmula de covarianza, a la ecuación anterior, llegamos a la expresión:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2$$

A partir de esta expresión podemos introducir la definición de Valor en Riesgo $\text{VaR}_p = -\alpha \cdot \sigma_p \cdot W$ donde α , representan al factor de significancia (usualmente 1.645) y W el monto total de la inversión medido en unidades monetarias (\$, USD, etc.) respectivamente:

$$\text{VaR}_p = -\alpha \cdot [w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2]^{1/2} \cdot W$$

Trabajando esta expresión, introduciendo el monto a invertir y el factor de significancia dentro de la raíz:

$$\begin{aligned} \text{VaR}_p &= -[\alpha^2 \cdot w_1^2 \cdot \sigma_1^2 \cdot W^2 + \alpha^2 \cdot w_2^2 \cdot \sigma_2^2 \cdot W^2 + 2 \cdot \rho_{12} \cdot (\alpha \cdot w_1 \cdot \sigma_1 \cdot W) \cdot (\alpha \cdot w_2 \cdot \sigma_2 \cdot W)]^{1/2} \\ \Rightarrow \text{VaR}_p &= -[\text{VaR}_1^2 + \text{VaR}_2^2 + 2 \cdot \rho_{12} \cdot \text{VaR}_1 \cdot \text{VaR}_2]^{1/2} \end{aligned}$$

Esta representación del VaR para dos activos puede generalizarse para n activos utilizando formato matricial:

$$\sigma_p^2 = [w_1 \dots w_n]_{1 \times n} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} 1 & p_{12} & p_{13} & \dots \\ p_{21} & 1 & p_{23} & \dots \\ p_{31} & p_{32} & \dots & \dots \\ p_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \sigma_2 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

lo cual se puede representar resumidamente como:

$$\sigma_p^2 = w \cdot \sigma \cdot C \cdot \sigma \cdot w' = w \cdot \Sigma \cdot w'$$

con Σ como la matriz cuadrada de varianzas y covarianzas de orden n, y w como un vector fila de n ponderadores.

Luego al aplicar la definición $VaR_p = -\alpha \cdot \sigma_p \cdot W$ llegamos a:

$$VaR_p = -\alpha \cdot w \cdot \sqrt{w \cdot \sigma \cdot C \cdot \sigma \cdot w'} = \sqrt{VaR^i \cdot C \cdot VaR^i}$$

Donde \overline{VaR} representa a un vector de 1xn de VaRs individuales para cada activo del portafolio.

Supongamos que para el caso de tres activos el vector de desviación estándar y la matriz de correlaciones se representan respectivamente por:

$$\begin{bmatrix} 1.2 \\ 2.2 \\ 0.8 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0.9 & 0.1 \\ 0.9 & 1 & -0.4 \\ 0.1 & -0.4 & 1 \end{bmatrix}$$

Entonces invertir un tercio en cada activo, para un portafolio total de \$10,000, nos entrega un vector de VaRs correspondientes a cada activo de:

$$\overline{VaR} = -1.645 \cdot 10,000 \cdot \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1.2 \\ 2.2 \\ 0.8 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{100} = \begin{bmatrix} 65.80 \\ 120.63 \\ 43.87 \end{bmatrix}$$

de manera que el VaR para el portafolio será de:

$$VaR_p = \sqrt{\overline{VaR} \cdot C \cdot \overline{VaR}'} = \sqrt{\begin{bmatrix} 65.80 & 120.63 & 43.87 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0.9 & 0.1 \\ 0.9 & 1 & -0.4 \\ 0.1 & -0.4 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 65.80 \\ 120.63 \\ 43.87 \end{bmatrix}} = 177.30$$

que es exactamente equivalente al que resulta de aplicar la ecuación

$$VaR_p = -\alpha \cdot W \cdot \sqrt{w \cdot \sigma \cdot C \cdot \sigma \cdot w'}:$$

$$VaR_p = -1.645 \cdot 10,000 \cdot \sqrt{\begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1.2 & 0 & 0 \\ 0 & 2.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0.9 & 0.1 \\ 0.9 & 1 & -0.4 \\ 0.1 & -0.4 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1.2 & 0 & 0 \\ 0 & 2.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \end{bmatrix}} \cdot \frac{1}{100} = 177.30$$

Es interesante notar que el VaR del portafolio es inferior a la suma de los VaRs individuales de cada activo, debido a los beneficios de la diversificación.

II.IV GENERACIÓN DE UN INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL VALOR EN RIESGO.

El VaR es un estimador del riesgo del portafolio que toma como insumos a la matriz de varianzas y covarianzas (o su descomposición), el nivel de significancia y el horizonte de medición del riesgo. Este mecanismo de estimación introduce un grado de imprecisión que puede ser medido a través de un intervalo de confianza.

Consideremos el conocido teorema de Rao (1973):

$$(n-1) \cdot \frac{s^2}{\sigma^2} \mapsto \chi^2_{(n-1)}$$

donde n denota el número de observaciones disponibles, y s^2 la varianza estimada del portafolio.

Consideremos un intervalo de 95%, dejando 2.5% a cada lado del intervalo de la distribución chi-cuadrada. Esto significa que los valores de referencia de la función de distribución serán $\chi^2_{0.025}$, $\chi^2_{0.975}$

Con estos estadísticos y a partir de manipular la expresión de Rao (1973) se puede deducir que:

$$\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{0.975}} < \sigma^2 < \frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{0.025}}$$

Sacando raíz cuadrada y multiplicando por $-\alpha \cdot W$ llegamos a la expresión:

$$-\alpha \cdot W \cdot \sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{0.025}}} \leq -\alpha \cdot W \cdot \sigma \leq -\alpha \cdot W \cdot \sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{0.975}}}$$

donde la expresión que se presenta al medio de la ecuación corresponde al VaR del portafolio.

Considerando el ejemplo anterior en que el VaR fue de 177.30, el intervalo de confianza para este estadístico sería (asumamos una base de datos de 300, es decir $n=300$):

$$-1.645 \cdot 10,000 \cdot \sqrt{\frac{(2.99) \cdot 1.1617}{252.99}} \cdot \frac{1}{100} \leq VaR_p \leq -1.645 \cdot 10,000 \cdot \sqrt{\frac{(299) \cdot 1.1617}{348.79}} \cdot \frac{1}{100}$$

es decir,

$$-192.75 < VaR_p < -164.16$$

Luego podemos decir que el VaR calculado de -177.30 estará en un 95% de las veces entre los valores estimados -192.75 y -164.16 .

II.V DESCOMPOSICIÓN TRIANGULAR DEL VALOR EN RIESGO.

En esta sección se presenta una visión geometrizada del riesgo, a partir del teorema general de Pitágoras, conocido como la Ley del Coseno, y que permite tener una visualización de los componentes del riesgo de un portafolio de inversión. Si bien es un tópico que escapa de las tecnologías tradicionales, ayuda a tener una visión del riesgo desde otro punto de vista metodológico.

Consideremos un portafolio de dos activos cuya varianza puede ser representada por:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2$$

La ley del Coseno nos indica que para un triángulo de lados A, B, y C:

$$A^2 = B^2 + C^2 - 2 \cdot B \cdot C \cdot \cos(\theta)$$

donde θ es el ángulo que forman los lados A y B del triángulo. Gráficamente se puede representar como:

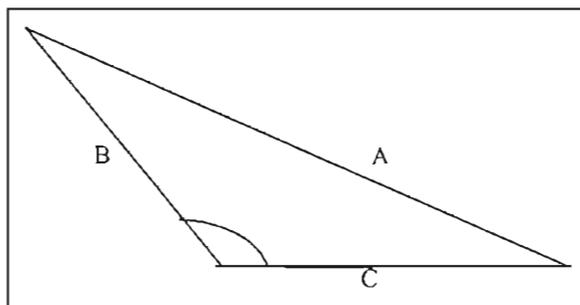


Figura N° 1

Si aplicáramos esta descomposición triangular a la volatilidad σ_p^2 se tiene que para:

$$\begin{aligned} A &= \sigma_p \\ B &= w_1 \cdot \sigma_1 \\ C &= w_2 \cdot \sigma_2 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 - 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \cos(\theta)$$

con lo cual se puede deducir que $\cos(\theta) = -\rho_{12}$

Para visualizar la aplicabilidad de esta metodología consideremos un caso extremo. Asumamos correlación nula entre los dos activos. En este escenario, $\rho_{12} = 0$, con lo cual $\cos(90)=0$, de manera que la figura N°1 se transforma en un triángulo de ángulo recto donde

$$A^2 = \sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2:$$

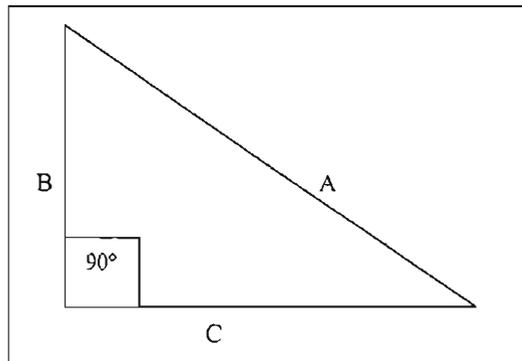


Figura N° 2

La generalización para diferentes grados de correlación entre activos se puede visualizar en la siguiente figura. En la medida que el ángulo relevante se incrementa desde valores inferiores a 90 grados a valores superiores a 90 grados (es decir de activos con correlaciones negativas a activos cuyos rendimientos tienen correlaciones positivas), es posible ver el incremento en la volatilidad del portafolio resultante, asumiendo que los ponderadores de inversión se mantienen constantes.

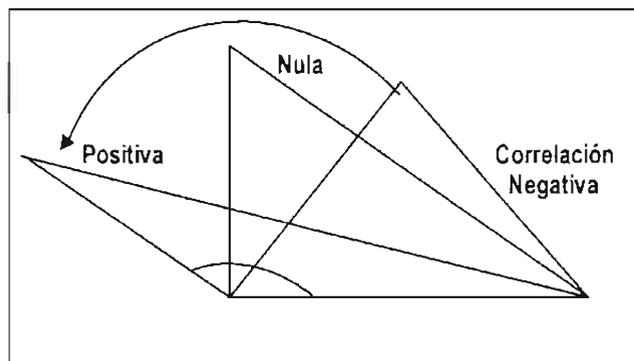


Figura N° 3

Esta metodología se puede extender para el caso de n activos, donde el concepto de interés son los VaR's de portafolios alternativos. Inicialmente consideremos dos activos, cuyo riesgo puede ser particionado por medio de la descomposición triangular arriba mencionada:

$$\text{VaR}_1 = \alpha \cdot W \cdot \sigma_1$$

$$\text{VaR}_2 = \alpha \cdot W \cdot \sigma_2$$

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2$$

Multiplicando la última expresión por $(-\alpha \cdot W)^2$ llegamos a:

$$\alpha^2 \cdot W^2 \cdot \sigma_p^2 = \alpha^2 \cdot W^2 \cdot w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + \alpha^2 \cdot W^2 \cdot w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot \alpha \cdot W \cdot w_1 \cdot \sigma_1 \cdot \alpha \cdot W \cdot w_2 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12}$$

que no es nada más que la descomposición triangular del VaR para un portafolio de dos activos:

$$\text{VaR}_p^2 = \text{VaR}_1^2 + \text{VaR}_2^2 + 2 \cdot \text{VaR}_1 \cdot \text{VaR}_2 \cdot \rho_{12}$$

Si consideramos incrementar la posición en \$ del activo 2, la situación de riesgo del portafolio se verá modificada en función del valor del coeficiente de correlación que este activo presenta con relación al activo alternativo. Para el caso en que la correlación de los rendimientos sea positiva, entonces el incremento del monto a invertir en el activo en cuestión genera un incremento en el riesgo del portafolio, sin embargo si el coeficiente de correlación es negativo esta monotonidad ya no es válida.

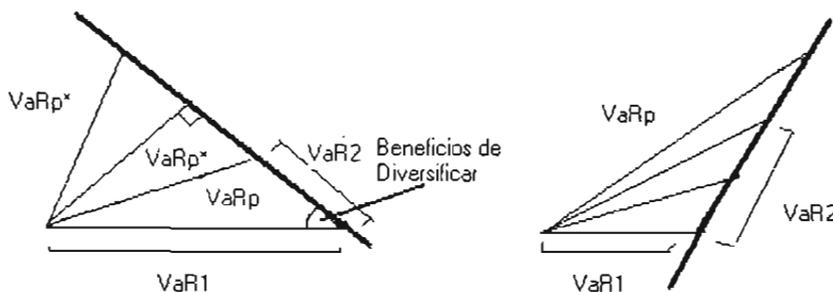


Figura N° 4

Tal como se aprecia en la figura anterior, en la medida que incremento el monto invertido en el activo 2, mi perfil de riesgo cambia de manera ambigua dependiendo de si el coeficiente de correlación de rendimientos entre activos es positivo o negativo.

Para el caso de un coeficiente positivo el incremento en el VaR del portafolio es proporcional al monto invertido en este activo, sin embargo si el coeficiente de rendimiento es negativo, no existe tal relación monotónica.

Es posible demostrar que existe un punto de inversión en el cual el monto del VaR del portafolio se minimiza, y corresponde al punto en el cual el VaR del portafolio es ortogonal a la trayectoria del VaR del activo 2. En la figura N°4 este punto se representa en el diagrama izquierdo en el punto de corte perpendicular del VaR2, cuando se forma un ángulo recto. Este sería el monto óptimo a invertir en el activo 2 si es que mis preferencias tienen como objetivo el disminuir el VaR del portafolio (VaRp*).

CAPÍTULO III

MÉTODOS DEL VALOR EN RIESGO

III.1 MÉTODO DE BETAS

Dado el hecho de que predecir los rendimientos futuros de las acciones con precisión es virtualmente imposible de hacer en forma sistemática, la teoría financiera se ha inclinado por aprovechar el principio de que la principal variable que incluye en el rendimiento de los valores es el riesgo. El concepto de Beta de una acción o de una cartera juega un papel importante en la determinación de su riesgo.

El riesgo es la probabilidad de sufrir una pérdida. Es decir es la probabilidad de que el rendimiento esperado de una inversión no se realice y en particular, de que el precio de los valores en que se invirtió disminuya por abajo del precio de compra. "La parte no anticipada del rendimiento, aquella porción que resulta de las sorpresas, es el riesgo verdadero de cualquier opción". (Westerfield y Ross, 1999, p. 320.)

El coeficiente beta es la descripción numérica del riesgo sistemático. El cálculo de las betas es esencialmente una comparación de los rendimientos de una acción con los índices del mercado. (Dobbins, 1994, p.2)

Para especificar y mantener un nivel de riesgo determinado para el caso de una cartera de inversión se utiliza el coeficiente beta. Ya que la beta de una cartera se calcula a partir de un promedio ponderado de las betas de las acciones que conforman el portafolio. Una cartera diversificada de acciones de elevada beta es más riesgosa que una cartera diversificada de baja beta. (Banamex, 1991, p. 8).

CONCEPTO DE COEFICIENTE BETA

Entre las formas más comunes de invertir en el mercado de capitales, está la inversión a través de carteras de acciones de empresas. El mercado accionario es un mercado a largo plazo que ofrece un rendimiento variable. La ganancia o pérdida que un inversionista pueda obtener depende del momento individual en que compra y vende las acciones.

Sin embargo, para no dejar todo en manos del azar, los inversionistas pueden recurrir a ciertas técnicas y herramientas que desarrolladas durante muchos años, permiten reducir el margen de error en la selección de títulos.

Desde 1952, Harry Markowitz escribió un artículo denominado "Portafolio Selection", donde centró su atención en la práctica habitual de la diversificación de carteras y mostró cómo un inversor puede reducir la desviación típica de las rentabilidades de una cartera eligiendo acciones cuyas oscilaciones no sean paralelas. Pero Markowitz no se detuvo aquí: continuó con el desarrollo de los principios básicos de formación de carteras.

Estos principios son el fundamento de todo aquello que pueda decirse acerca de la relación entre riesgo y rentabilidad. (Brealey y Meyers, 1993, p.184)

Lo que hace que una inversión en el mercado de capitales sea arriesgada es que haya un abanico de resultados posibles. La medida usual de este abanico de posibilidades es la desviación típica o la varianza.

El riesgo de una acción puede descomponerse en dos partes. Hay un riesgo único o no sistemático, que es específico para cada acción, y hay un riesgo de mercado o sistemático que procede de las variaciones del conjunto del mercado. Los inversionistas pueden eliminar el riesgo no sistemático manteniendo una cartera bien diversificada, pero no pueden eliminar el riesgo de mercado. Todo el riesgo de una cartera completamente diversificada es el riesgo de mercado. (Brealey y Myers, 1993, p. 170)

Si se quiere conocer la contribución de un título individual al riesgo de una cartera bien diversificada, no sirve de nada saber cuál es el riesgo del título por separado, se necesita medir su riesgo de mercado, lo que equivale a medir su sensibilidad respecto a los movimientos del mercado. Esta sensibilidad se denomina Beta. (Brealey y Myers, 1993, p. 171). "El coeficiente beta, β , nos indica la respuesta del rendimiento de una acción ante el riesgo sistemático". (Westerfield y Ross, 1999, p. 322)

El coeficiente de volatilidad –beta- de un activo financiero indica cuanto varía el rendimiento de dicho activo en función de las variaciones producidas en el rendimiento del mercado en el que aquel se negocia.

De tal manera que al ser la beta del propio mercado igual a la unidad, todos los activos negociados en él tendrán betas superiores, inferiores, o iguales a la unidad.

A aquellos cuyas betas superen la unidad se les denomina activos agresivos y son los que más rápido ascienden ante una alza del mercado pero, por el contrario, son los que más rápido caen cuando el mercado se desploma; es decir, son los que más riesgo sistemático tienen. Por otro lado, los activos cuyas betas son inferiores a la unidad son los que varían menos que el mercado en su conjunto, cuando éste sube o baja, y, por tanto disponen de un riesgo sistemático menor.

Las carteras de activos también tienen su beta (β_p), que se obtiene calculando la media ponderada de las betas de sus activos componentes (β_i) con relación a la parte del presupuesto invertido en ellos (X_i). Esto se puede expresar de la siguiente forma:

$$\beta_p = X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + \dots + X_n\beta_n$$

USO DEL COEFICIENTE BETA.

Muchos gerentes profesionales de portafolios utilizan una forma de análisis técnico para tratar de medir el riesgo de mercado de una acción o su sensibilidad calculando el "Coeficiente Beta".

Una acción con una beta de 1 tiene el riesgo medio del mercado. Una cartera bien diversificada sobre las bases de tales títulos tiene la misma desviación típica que el índice de mercado. Un título con una beta de 0.5 tiene un riesgo de mercado por debajo de la media y las acciones con beta mayores que 1 tienen a amplificar los movimientos conjuntos del mercado, tanto a la baja como al alza.

Una acción de riesgo promedio se define como aquella que tiende a desplazarse hacia arriba o hacia abajo en conjunto con el mercado en general y en concordancia con algún índice, tal como el Dow Jones Industrial, el S & P 500 o el índice de la Bolsa de Valores. (Weston y Brigham, 1994, p. 212)

El inversionista individual se sirve de la beta para evaluar el riesgo del mercado y su efecto sobre el rendimiento esperado de un título. Beta indica las reacciones de un valor a las fuerzas del mercado. Por ejemplo, si se prevé que el mercado habrá de experimentar un aumento del 10% en su tasa de rendimiento en determinado período a punto de iniciarse, es lógico pensar que un valor con beta de 1.50 ofrecerá en el mismo período un aumento en su retorno de alrededor del 15% ($1.50 \times 10\%$). Como el valor con beta de este título en particular es mayor que 1, su volatilidad es superior a la de mercado.

De acuerdo con esta misma línea de razonamiento, resulta obvio que los valores con beta menores que 1 son menos sensibles a la modificación de los rendimientos del mercado, motivo por el cual se les considera como de menor riesgo. Por ejemplo un título con un valor de beta de 0.50 experimentará en su rendimiento un aumento o disminución de alrededor de la mitad de lo existente en el mercado. Así pues, si el mercado desciende un 8%, lo más probable es que ese título disminuya sólo 4% ($0.50 \times 8\%$).

He aquí, resumidas, las consideraciones más importantes sobre beta:

- Beta mide el riesgo no diversificable, o de mercado, de un valor.
- El valor de beta del mercado es de 1.
- El valor de beta de los títulos de inversión puede ser positivo o negativo; casi siempre positivo.
- Los valores con betas mayores que 1 son más sensibles que el mercado a los cambios en retorno o rendimiento del mercado, y por lo tanto, también son más riesgosos.
- Los valores con betas inferiores a 1 son menos riesgosos que el mercado.
- A mayor beta, mayor nivel de rendimiento esperado de un valor (debido a que también el riesgo es más alto) y viceversa.

BASES PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE BETA

En los últimos 30 años se ha avanzado mucho en los conocimientos teóricos de la medición del riesgo y en su utilización para la evaluación del rendimiento. Los dos componentes esenciales de las nuevas teorías son el concepto conocido como *coeficiente beta*, una novedosa medida del riesgo y el *modelo de asignación de precio del activo de capital* (CAPM), por medio del cual se establece una relación entre el riesgo medido por la beta y el nivel de rendimiento requerido o esperado.

La beta, es una cifra que sirve para calcular el riesgo no diversificable o de mercado, la cual indica el modo en que reacciona el precio de un valor ante las fuerzas del mercado. Cuánto más sensible sea el precio de un valor a los cambios en el mercado, mayor será la beta de ese valor. Para la deducción de esta cifra es necesario relacionar el rendimiento histórico de un valor con el rendimiento histórico del mercado (Gitman y Joehnk, 1997, p. 172)

El rendimiento del mercado se calcula mediante el rendimiento promedio de todas o la gran mayoría de las acciones. En Estados Unidos se puede tomar como base de cálculo el índice mixto de Standar & Poor's 500 y en México el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

Las medidas de beta tendientes a cuantificar la volatilidad de una acción respecto al comportamiento de una acción promedio, la cual tendría una beta igual a 1, se representaría como una línea recta.

Las pendientes de las líneas de cada acción muestran la forma en que el precio de ellas se desplaza a un movimiento habido en el mercado general. "De hecho el coeficiente de la pendiente de dicha "recta de regresión" se define como el coeficiente beta". (Weston y Brigham, 1994, p. 214)

Otro factor importante en su determinación es el monto de apalancamiento financiero adoptado por cada empresa. El coeficiente beta de las acciones de una empresa aumenta linealmente a medida que aumenta el apalancamiento financiero de una empresa. Además de estos, existen muchos otros factores que pueden afectar a la beta, como con: la razón de pago de dividendos, la liquidez, el tamaño de la empresa, la tasa de crecimiento, etc. (Weston y Copeland, 1995, p. 477)

La realidad nos indica que son varios los factores que influyen de manera directa a la beta. La siguiente lista muestra los principales indicadores a considerar:

- 1.- La tasa de inflación.
- 2.- El cambio en el nivel de desempleo.
- 3.- Incremento en la producción industrial.
- 4.- Cambio en el déficit comercial.
- 5.- Cambios en el presupuesto federal.
- 6.- Cambios en las tasas de interés.
- 7.- Cambio en la diferencia entre las tasas a largo plazo y las tasas a corto plazo.
- 8.- Cambios en la cotización del dólar." (Haugen, 1990, p. 177-178)

MÉTODO DEL COEFICIENTE DE BETA

Un aspecto importante de calcular el Valor en Riesgo es entender cuál activo, o combinación de los mismos, contribuye más al riesgo. Una vez obtenida esta información, los usuarios pueden cambiar las posiciones para modificar su Valor en Riesgo más eficientemente.

Para este propósito, los VaR individuales no son suficientes. La volatilidad mide la incertidumbre en el rendimiento de un activo, tomado aisladamente. No obstante, cuando el activo pertenece a un portafolio, lo que importa es la contribución al riesgo del mismo.

Supóngase ahora que un portafolio consiste en N-1 activos, numerados como $j=1, \dots, N-1$.

Como sabemos el rendimiento esperado del portafolio es:

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i$$

y la varianza es

$$\begin{aligned}
 V(R_p) = \sigma_p^2 &= \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N w_i w_j \sigma_{ij} \\
 &= \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j < i}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Entonces al agregar un valor, denominado i, se obtiene un nuevo portafolio. La contribución marginal al riesgo se mide diferenciando la ecuación de la varianza del rendimiento esperado del portafolio (ecuación 1) con respecto a w_i :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \sigma_p^2}{\partial w_i} &= 2w_i \sigma_i^2 + 2 \sum_{j=1, j \neq i}^N w_j \sigma_{ij} \\
 &= 2Cov \left(R_i, w_i R_i + \sum_{j \neq i}^N w_j R_j \right) = 2Cov(R_i, R_p)
 \end{aligned}$$

Observemos que:

$$\partial \sigma_p^2 = \frac{2\sigma_p \partial \sigma_p}{\partial w_i}$$

Entonces, la sensibilidad del cambio relativo en la volatilidad del portafolio a un cambio en la ponderación es:

$$\frac{\partial \sigma_p}{\sigma_p \partial w_i} = \frac{Cov(R_i, R_p)}{\sigma_p^2} = \beta_i$$

Por lo tanto, β mide la contribución de un valor al riesgo total del portafolio. Este es llamado también el riesgo sistémico del valor i con respecto al portafolio p . Utilizando notación matricial, β es:

$$\beta = \frac{\sum w}{(w' \sum w)}$$

El riesgo beta es la base del modelo de valuación de activo de capital, desarrollado por Sharpe (1964). De acuerdo a este modelo, los inversionistas bien diversificados desean ser compensados sólo del riesgo sistémico de los valores.

En otras palabras, la prima riesgo sobre todos los activos debería depender sólo de la beta. Sea o no ésta una descripción apropiada de los mercados de capitales, ha sido objeto de gran parte de la investigación financiera en los últimos 20 años. Aunque dicha proposición ha sido muy debatida, el riesgo sistémico sigue siendo una medida estadística útil para el riesgo de un portafolio.

La medida de β es particularmente útil para la descomposición del Valor en Riesgo de un portafolio en sus fuentes de riesgo. Podemos expandir la varianza del portafolio como:

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= w_1(w_1\sigma_1^2 + \sum_{j=1, j \neq 1}^N w_j\sigma_{1j}) \\ &= w_2(w_2\sigma_2^2 + \sum_{j=1, j \neq 2}^N w_j\sigma_{2j}) + \dots \end{aligned}$$

Que es también:

$$\begin{aligned}\sigma_p^2 &= w_1 \text{Cov}(R_1, R_p) + w_2 \text{Cov}(R_2, R_p) + \dots \\ &= w_1(\beta_1, \sigma_p^2) + w_2(\beta_2, \sigma_p^2) + \dots \\ &= \sigma_p^2 \left(\sum_{i=1}^N w_i \beta_i \right),\end{aligned}$$

Lo cual demuestra que la varianza del portafolio puede descomponerse en una suma de componentes, cada uno de los cuales se debe al activo i . Utilizando una descomposición similar, tenemos que:

$$VAR = VAR \left(\sum_{i=1}^N w_i \beta_i \right) = VAR_1 + VAR_2 + \dots$$

Aquí se descompuso el VaR total en medidas incrementales. Esto proporciona, dado que el riesgo deber ser considerando en relación con el portafolio total y no en forma aislada.

III.II MÉTODO DELTA-NORMAL

Existen varios enfoques para la medición del Valor en riesgo. El método más simple y más corto del cálculo del Valor en Riesgo supone que los rendimientos de los activos tienen una relación lineal, este es el método deltha-normal. Este consiste en asumir que los rendimientos de todos los activos tienen una distribución normal, ya que el rendimiento de un portafolio es una combinación lineal de las variables normales, e idénticamente distribuida de manera que si los rendimientos esperados para un portafolio de n activos se define como:

$$E[R_p] = w \cdot E[R]$$

entonces la varianza de este portafolio se representa por:

$$\sigma_p^2 \equiv w \cdot E[\Sigma] \cdot w$$

donde w es un vector columna de ponderadores no negativos que suman uno, y Σ define la matriz de varianzas y covarianzas para los rendimientos de los n activos.

Como vemos es una aplicación directa del análisis del portafolio tradicional basado en varianzas y covarianzas.

Por lo tanto, el riesgo es generado por una combinación de exposiciones lineales a múltiples factores, que se asumen están distribuidos normalmente y por él pronóstico de la matriz de covarianza.

Este método implica una aproximación local a los movimientos del precio. Con esto se puede manejar un gran número de activos y es fácil de implementar.

El algoritmo para calcular el VaR partiría definiendo la matriz de varianza y covarianzas con la base histórica de rendimientos o se puede incluir alguna valoración de desviaciones estándar por medio de las volatilidades implícitas de opciones.

MATRIZ DE VARIANZA-COVARIANZA

Es importante saber como determinar la matriz de varianza-covarianza

Sea una matriz cuadrada en la cual la diagonal esta compuesta por las volatilidades (desviaciones estándar) de cada activo del portafolios y los elementos fuera de la diagonal sean ceros, a saber:

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$

Consideremos también la matriz llamada de correlación denotada por C. La diagonal de la matriz esta compuesta por unos y los elementos fuera de la diagonal son los llamados coeficientes de correlación, que se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$\rho_{ij} = \frac{\text{cov}(r_i, r_j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \rho_{14} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \rho_{24} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \rho_{34} \\ \rho_{41} & \rho_{42} & \rho_{43} & 1 \end{bmatrix}$$

La matriz de varianza-covarianza denotada por Σ será aquella que se obtiene de multiplicar las siguientes matrices

$$\Sigma = [\sigma][C][\sigma]$$

Al realizar este producto de matrices tendremos:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \rho_{13}\sigma_1\sigma_3 & \rho_{14}\sigma_1\sigma_4 \\ \rho_{21}\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \rho_{23}\sigma_2\sigma_3 & \rho_{24}\sigma_2\sigma_4 \\ \rho_{31}\sigma_1\sigma_3 & \rho_{32}\sigma_2\sigma_3 & \sigma_3^2 & \rho_{34}\sigma_3\sigma_4 \\ \rho_{41}\sigma_1\sigma_4 & \rho_{42}\sigma_2\sigma_4 & \rho_{43}\sigma_3\sigma_4 & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

Para determinar el VaR del portafolio es necesario considerar los efectos de la diversificación con las correlaciones entre los rendimientos de los activos que conforman el portafolio.

Una vez aplicada alguna metodología de optimización, se tiene la ponderación de los instrumentos con lo cual se procede a calcular el VaR para el portafolio especificado considerando un nivel de significancia establecido, típicamente de un 5%, lo que implica un ajuste de la volatilidad de 1.645, la metodología que se sigue, también llamada método de matriz de varianza-covarianza o deltha-normal, es la siguiente:

$$VaR_p \equiv \alpha \cdot S \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\Delta t}$$

$$\sigma_p = \sqrt{w^T \cdot [\Sigma] \cdot w}$$

$$[\Sigma] = [\sigma][C][\sigma]$$

donde:

α = Factor que define el nivel de confianza

t = Horizonte de tiempo que se desea ajustar el VaR

$[w]$ = Vector de pesos de las posiciones del portafolio (nx1)

$[w]^T$ = Vector transpuesto de los pesos de las posiciones del portafolio (1xn)

S = Valor del portafolio

σ_p = Volatilidad del portafolio (1x1)

$[C]$ = Matriz de correlaciones de los rendimientos de los activos del portafolio

$[\Sigma]$ = Matriz de varianza-covarianza que incluye las correlaciones entre los valores del portafolio (nxn).

El cálculo del VaR va con relación a la frecuencia de la base de datos, lo que hace necesario el ajuste por el parámetro Δt . Si la frecuencia de la base de datos de rendimientos es diaria y se desea calcular el VaR para 5 días en adelante (una semana) entonces se debe multiplicar por $\sqrt{5}$.

El siguiente cuadro resume las correcciones que se deben realizar dependiendo del horizonte de análisis para una base de rendimientos diaria (S, es el monto del portafolio en \$).

Estadístico	1 Día	Semana	Mes	Año
Rendimiento	μ_p	$5 \cdot \mu_p$	$20 \cdot \mu_p$	$240 \cdot \mu_p$
Varianza	σ_d^2	$5 \cdot \sigma_p^2$	$20 \cdot \sigma_p^2$	$240 \cdot \sigma_p^2$
Desv. Estándar	σ_p	$\sigma_p \cdot \sqrt{5}$	$\sigma_p \cdot \sqrt{20}$	$\sigma_p \cdot \sqrt{240}$
VaR	$-\alpha \cdot \sigma_p \cdot S$	$-\alpha \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{5} \cdot S$	$-\alpha \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{20} \cdot S$	$-\alpha \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{240} \cdot S$

Podemos generalizar el cálculo de VaR para periodos diferentes t_1, t_2 como:

$$VaR_1 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_1} \cdot S$$

$$VaR_2 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_2} \cdot S$$

de manera que podemos ajustar el VaR para diferentes periodos por:

$$VaR_2 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_2} \cdot S = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_1} \cdot S \cdot \frac{\sqrt{\Delta t_2}}{\sqrt{\Delta t_1}}$$

con lo cual se llega finalmente a la siguiente expresión que relaciona dos medidas de riesgo con horizonte diferente:

$$VaR_2 = VaR_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)}$$

Es decir que, si por ejemplo, el VaR para un día es de \$20,000, entonces para una semana y un mes serán de \$44,721 y \$89,4443 respectivamente

SIMPLIFICACION DE LA MATRIZ DE COVARIANZAS

Una desventaja de los modelos lineales de Valor en Riesgo es que el tamaño de la matriz de covarianza se incrementa geométricamente con el número de activos.

Si el Valor en Riesgo fuera medido para un solo activo el asunto sería relativamente simple. El problema es que este debe utilizarse para medir portafolios grandes y complejos que evolucionan a través del tiempo.

Sabemos ahora que las correlaciones son un poderoso objetivo en el estudio del riesgo de portafolios. Sin embargo, cuando el número de activos es grande, la medición de la matriz de covarianzas se torna crecientemente difícil. Por ejemplo con 10 activos se requiere estimar $10 \times 11/2 = 55$ diferentes varianzas y covarianzas, ni imaginar con 100 ó 1000 activos, el número se elevaría demasiado. El número de correlaciones se incrementa geométricamente con el número de activos. Para portafolios grandes, esto ocasiona grandes problemas:

- El Valor en Riesgo del portafolio podría no ser positivo
- Las correlaciones pueden estimarse de manera imprecisa.

Tales problemas pueden afectar las medidas del VaR, que sin embargo para muchos usuarios pueden no ser problemas relevantes dado que no tienen control sobre la cantidad de datos. Estos usuarios pueden omitir esta parte, a menos que identifiquen un VaR igual a cero.

Sabemos que la medición del VaR se deriva de la varianza del portafolio, la cual se define como:

$$\sigma_p^2 = w^t \cdot \Sigma \cdot w$$

Sin embargo no está garantizado que este producto será siempre positivo

Para que este sea el caso, se requiere que la matriz Σ sea positiva definida (abstrayendo del caso obvio donde todos los elementos de w son cero). Esto se verifica bajo dos condiciones: el número de observaciones históricas T debe ser mayor que el número de activos N , y las series no pueden estar linealmente correlacionadas.

Un ejemplo de una matriz no definida positiva se obtiene cuando dos activos son idénticos ($\rho = 1$). En esta situación, un portafolio que consta de \$1 sobre el primer activo y -\$1 sobre el segundo tendrá riesgo cero.

En la practica, este problema ocurrirá mas probablemente con un gran número de activos que estén altamente correlacionados (tales como bonos cupón cero o divisas con paridad fija entre ellas). Adicionalmente, las posiciones deben haber sido ajustadas perfectamente con los activos para generar un riesgo cero.

Esto ocurrirá con más probabilidad si las ponderaciones han sido optimizadas con base en la matriz de covarianzas por sí misma. Tal optimización es particularmente peligrosa dado que puede crear posiciones que sean muy grandes, aunque aparentemente compensadas mutuamente con un riesgo total pequeño.

Para la simplificación de la matriz se tiene los siguientes métodos como el Modelo Diagonal de Jorion.

MODELO DIAGONAL DE JORION

Como se mencionó anteriormente a medida que incrementan nuestros activos, es más probable que algunas correlaciones se midan con error. Algunos modelos pueden ayudar a simplificar este proceso, proporcionando una estructura más simple para la matriz de covarianzas. Se ha mostrado que las correlaciones son un poderoso objetivo en el estudio de riesgos de portafolios.

Sin embargo, también se ha mostrado que cuando el número de activos es grande, la medición de la matriz de covarianzas se torna creciente difícil. Por ejemplo con solo 10 activos se requiere estimar $10 \times 11/2 = 55$ diferentes varianzas y covarianzas. Con 100, este número se eleva a 5000. Como vimos el número de correlaciones se incrementa geométricamente con el número de activos. Para portafolios grandes, esto ocasiona grandes problemas:

- 1) El VaR del portafolio podría no ser positivo
- 2) Las correlaciones pueden estimarse de manera imprecisa.

Uno de dichos modelos es el modelo diagonal de Jorion.

Este modelo se basa en el supuesto que el movimiento como en todos los activos se debe a un solo factor común, el mercado. Formalmente el modelo es:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \epsilon_i, \quad E[\epsilon_i] = 0,$$
$$E[\epsilon_i R_m] = 0, \quad E[\epsilon_i \epsilon_j] = 0, \quad E[\epsilon_i^2] = \sigma_{\epsilon,i}^2.$$

El rendimiento del activo i es derivado del rendimiento del mercado R_m y por un término aleatorio ϵ_i , el cual no está correlacionado con el mercado ni a través de los distintos activos. Como resultado, la varianza puede descomponerse como

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\epsilon,i}^2$$

La covarianza entre dos activos es:

$$\sigma_{ij}^2 = \beta_i \beta_j \sigma_m^2.$$

La cual se debe únicamente al factor común. La matriz de covarianzas completa es:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix} [\beta_1 \dots \beta_N] \sigma_m^2 + \begin{bmatrix} \sigma_{\epsilon,1} & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \sigma_{\epsilon,N} \end{bmatrix}$$

Escrita en notación matricial, la matriz de covarianzas es

$$\Sigma = \beta\beta' \sigma_m^2 + D_\epsilon$$

Como la matriz D_ϵ es diagonal, el número de parámetros se reduce de $N \times (N + 1)/2$ a $2N + 1$ (N para las betas, N en D y uno para σ_m). Con 100 activos, por ejemplo, el número se reduce de 5500 a 201 una mejora considerable.

Por si fuera poco, la varianza de portafolios grandes bien diversificados se simplifica aun más, reflejando solo la exposición al factor común. La varianza al portafolio es:

$$\text{VaR}(R_p) = \text{VaR}(w'R) = w'\Sigma w = (w'\beta\beta'w)\sigma_m^2 + w'D_\epsilon w.$$

El segundo termino consiste en $\sum w_i^2 \sigma_{\epsilon,i}$. Pero este término se vuelve muy pequeño a medida que se incrementa el número de valores en el portafolio. Por ejemplo si todas las varianzas residuales son idénticas y tienen ponderaciones iguales, este segundo término es $[\sum (1/N)^2] \sigma_\epsilon^2$, el cual converge a 0 a medida que N se incrementa. Por lo tanto, la varianza del portafolio converge a

$$\text{VaR}(R_p) \rightarrow (w'\beta\beta'w)\sigma_m^2,$$

La cual depende de un solo factor. Esta aproximación es particularmente útil para establecer el VaR de un portafolio que conste de múltiples acciones.

III.III MÉTODO DE SIMULACIÓN HISTÓRICA

Este método consiste en generar escenarios de los factores de riesgo (tasas de interés, tipo de cambio, precio de las acciones, etc.) a partir de la información observada en un determinado número de días.

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

La estimación del VaR consiste en las siguientes fases:

Se crea una serie histórica del factor de riesgo (FR), para después construir la serie de rendimientos, es decir se estiman las variaciones logarítmicas diarias de los factores de riesgo.

$$R_{t-i,t-i-1} = \ln\left(\frac{FR_t}{FR_{t-1}}\right) * 100$$

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

$$FR_n \cdot \exp \begin{bmatrix} R_2 \\ R_3 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} FR_{n2} \\ FR_{n3} \\ \vdots \\ FR_{nn} \end{bmatrix}$$

Este método aplica el vector de ponderadores de inversión vigentes a una serie representativa de rendimientos históricos, de manera de generar una secuencia de valores del portafolio que pueden ser representados estadísticamente por un histograma. A partir de esta secuencia de valoración histórica que define una cierta distribución de probabilidades, se procede a calcular el Valor en Riesgo.

La secuencia de rendimientos se obtiene de multiplicar los ponderadores actuales, representados por el vector columna w con los rendimientos históricos de cada instante τ

$$R_\tau = w^1 \cdot R_{1\tau}$$

Para aplicar esta metodología se deben identificar primero los componentes de los activos del portafolios y reunir los datos de los precios diarios históricos considerando un periodo que oscila entre 250 y 50 datos.

Luego cada uno de estos rendimientos se utiliza para determinar el valor del portafolio durante el siguiente periodo, de manera que si consideramos 90 días hacia atrás, entonces tendremos 90 valoraciones de portafolio. Se calculan las pérdidas y ganancias del portafolio, estas se obtienen de la diferencia entre el valor del portafolio estimado con cada uno de los escenarios, y el valor del portafolio vigente en la fecha de valuación.

Se ordenan los resultados del portafolio de mayores pérdidas a mayores ganancias, y se calcula el Valor en Riesgo con base en el nivel de confianza (percentil o cuantil) elegido, es decir a partir del histograma de frecuencias de los rendimientos simulados se calcula el cuantil correspondiente de dicho histograma (primer percentil si el nivel de confianza es de 99%) y para un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 1.645$).

Finalmente sacando la desviación estándar de las distintas valoraciones del portafolio (σ_H) podemos hacer el cálculo del VaR mediante la fórmula estándar

$$VaR_H = -\alpha \cdot \sigma_H \cdot \sqrt{\Delta} \cdot S$$

La metodología de simulación histórica es equivalente analíticamente al método delthnormal, a menos que la matriz de varianzas y covarianzas sea alimentada de información proveniente de opciones, donde en cuyo caso se remplazaría de volatilidad histórica por la volatilidad implícita en las opciones.

Existen tres tipos de simulación histórica: crecimientos absolutos, crecimientos logarítmicos y crecimientos relativos. A continuación se describen cada uno de estos métodos.

SIMULACION HISTÓRICA CON CRECIMIENTOS ABSOLUTOS

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

Calculamos las pérdidas/ganancias diarias de dicha serie de tiempo mediante la expresión:

$$\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$$

Se determina una serie de tiempo de precios simulados sumando a la ΔP al precio más reciente o actual, de acuerdo con lo siguiente:

$$P_i = P_0 + \Delta P_i$$

Con P_0 fijo para toda la serie de tiempo

Posteriormente se determina una serie de tiempo de rendimientos simulados, a partir de los precios hipotéticos y referidos a la observación más reciente

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

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

En este caso, el Valor en Riesgo estará dado como rendimiento en porcentaje, por lo que será necesario multiplicar por el valor del portafolio vigente para obtener dicho valor en riesgo en pesos, dólares, etc.

SIMULACIÓN HISTÓRICA CON CRECIMIENTOS LOGARÍTMICOS.

Obtenemos la serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (250 a 500 datos).

Consiguiendo los rendimientos de los precios de la siguiente manera:

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

Posteriormente determinamos una serie de tiempo simulada de crecimientos de la siguiente manera:

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

Obtenemos una serie de tiempo de pérdidas/ganancias simulada

$$P_0 - P$$

Finalmente calculamos el valor en riesgo tomando el percentil que esta de acuerdo con el nivel de significancia deseado (0.01 si el nivel de confianza, del histograma de pérdidas/ganancias simulados).

SIMULACIÓN HISTÓRICA CON CRECIMIENTOS RELATIVOS.

Este método es semejante que el de crecimientos logarítmicos pero en lugar de obtener dichos rendimientos con el logaritmo del cociente de precios, se obtiene con la siguiente expresión:

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

El portafolio se reevalúa con cada uno de los valores estimados de los factores de riesgo.

El método de simulación histórica proporciona una implementación directa de valuación completa. Este como se ha explicado consiste en regresar en el tiempo, por ejemplo a los últimos 90 días, y aplicar ponderaciones actuales a una serie de tiempo de rendimientos históricos del activo.

Ese rendimiento no representa un portafolio real pero reconstruye bastante la historia de un portafolio hipotético, utilizando la posición corriente.

De forma más general la valuación completa puede requerir un conjunto completo de precios, tales como curvas de rendimiento, en lugar de sólo los rendimientos. Los precios futuros hipotéticos para el escenario t se obtienen aplicando cambios históricos en los precios, al nivel actual de precios.

Posteriormente se obtiene un nuevo valor del portafolio con el conjunto completo de precios hipotéticos, quizás incorporando relaciones no lineales. Esto genera el rendimiento hipotético correspondiente a la observación t .

El valor en riesgo se obtiene entonces a partir de la distribución completa de los rendimientos hipotéticos. Alternativamente, podría asumirse normalidad y confiar en la varianza para obtener el VaR.

Este método es relativamente simple de implementar, si los datos históricos han sido registrados internamente a partir de valuaciones diarias a mercado.

Como siempre la elección del periodo muestral refleja un balance entre el uso de tamaños muestrales más largos y más cortos. Los intervalos más grandes incrementan la precisión de la estimación, pero podrían utilizar datos irrelevantes, omitiendo por lo tanto importantes cambios en el proceso subyacente.

El método también tiene que ver directamente con la elección del horizonte de tiempo para la obtención del VaR. Los rendimientos son simplemente medidos sobre intervalos que corresponden a la longitud del horizonte. Por ejemplo, para obtener el Valor en riesgo mensual, el usuario reconstruirá los rendimientos históricos mensuales del portafolio para, digamos los últimos años.

III.IV MÉTODO DE SIMULACIONES DE MONTE CARLO

El nombre Monte Carlo deriva del famoso casino establecido en 1862 en el sur de Francia (actualmente Mónaco), Wall Street es comparado frecuentemente con un casino, la analogía es apropiada en un aspecto: las empresas de valores utilizan comúnmente técnicas de simulación, conocidas como métodos de Monte Carlo; ¿Qué mejor forma de evocar movimientos aleatorios como la ruleta y los juegos de azar?

Las simulaciones numéricas fueron utilizadas por primera vez por los científicos de la bomba atómica en los Álamos en 1942, para enfrentar problemas que no podían ser resueltos por medios convencionales.

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

El método de simulaciones de Monte Carlo es una metodología más sofisticada y con recursos computacionales intensivos. Esta consiste en la generación de múltiples realizaciones para los rendimientos de un activo (o activos) con un horizonte predefinido, como por ejemplo una semana o un mes. Estas realizaciones deben ser generadas a partir de una función de distribución de probabilidades que represente al proceso estocástico simulado, es decir por ejemplo los rendimientos simulados para una acción específica deben ser generados de una distribución normal con media 0 y desviación estándar 1.

Una vez simuladas las diversas trayectorias de tamaño T (usualmente este número es grande, i.e., 5.000 o 10.000 realizaciones) se obtienen los valores del rendimiento para el horizonte de inversión o análisis preestablecido (5 días o un mes). Con estos 5.000 o 10.000 valores se procede a calcular la desviación estándar del rendimiento del activo, de manera de generar su VaR.

En contraste con el análisis de escenario, las simulaciones de Monte Carlo estructurado (MCE), cubren un extenso rango de valores posibles en las variables financieras y consideran completamente las correlaciones. Este método consta de dos pasos. Primero el administrador del riesgo especifica un proceso estocástico para variables financieras, así como los parámetros del proceso, los parámetros como el riesgo y las correlaciones pueden derivarse de datos históricos o implícitos en opciones. Segundo, se simulan senderos de precios ficticios para todas las variables de interés.

En cada horizonte considerado, que puede ir de un día a muchos meses, el portafolio es valuado a mercado utilizando una valuación completa. Cada una de estas "pseudo" realizaciones es utilizada para compilar una distribución de rendimientos, con la cual puede obtenerse un VaR.

El procedimiento es bastante directo si el portafolio consiste en un activo. Sin embargo, si el portafolio de inversión está compuesto por n activos, entonces se debe simular una secuencia de 10.000 realizaciones para cada uno de esos n activos. Si los instrumentos no están correlacionados entre sí, el ejercicio sería mucho más estricto y asume estabilidad de la función de distribución completa, y no sólo de los primeros dos momentos, como en el caso de la estacionariedad débil. Simplemente repetir n veces

(una vez por instrumento), el mismo procedimiento que se siguió para el portafolio de un activo.

Sin embargo, si las correlaciones entre los instrumentos no son nulas, la simulación de los rendimientos debe considerar tal covarianza, lo cual complica el procedimiento de generación de procesos estocásticos. Para esta situación lo tradicional es utilizar algún mecanismo de identificación de la estructura de la matriz de varianzas y covarianzas por medio de una descomposición de está, generalmente utilizando la descomposición de Choleski.

La idea consiste en generar secuencias futuras de precios de activos, que preserven las características históricas de correlación y volatilidad (lo cual se garantiza al utilizar la descomposición de Choleski), de manera de comparar, para un horizonte predefinido, los rendimientos conseguidos para cada activo y así para el portafolio.

Al efectuar esta operación muchas veces (10,000 por ejemplo) es posible generar un vector de 10,000 rendimientos de portafolio, lo cual nos permite obtener un número equivalente de medidas de riesgo VaR.

Es ésta la distribución que nos interesa, de manera que se estudian los primeros momentos como la media y la desviación estándar de la distribución de los VaR's simulados, lo cual nos permite obtener una mejor visión del riesgo del portafolio escogido.

MODELOS PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS

Proceso de Wiener

Se dice que la variable "p" sigue un proceso de Wiener si, dada una variable aleatoria " ε ", que se distribuye normalmente con media cero y varianza unitaria, y dado un intervalo de tiempo infinitesimal de magnitud ΔT se cumple que:

$$\Delta p = \varepsilon\sqrt{\Delta T} \text{ o cuando } \Delta T \text{ tiende a cero } \Delta p = \varepsilon\sqrt{\Delta T}$$

Es decir, esto es equivalente a un juego de ruleta, donde la probabilidad de que caiga un 7 rojo es independiente del resultado del tiro anterior.

Los valores Δp para diferentes ΔT son independientes entre sí. Lo que significa que Δp tiene media cero y que la varianza crece con el tiempo, mientras que la desviación estándar crece con la raíz cuadrada del tiempo.

Proceso Generalizado de Wiener

Uno de los inconvenientes del modelo anterior es que concluye que el precio promedio de un activo en cualquier fecha futura será igual a su precio actual, lo que contrasta significativamente con el comportamiento histórico del tipo de cambio peso dólar, del índice de la bolsa de valores o, incluso del nivel de las tasas de los cetes.

Dada esta limitación, el proceso generalizado de Wiener incorpora un término que permite que el precio del activo financiero cambie en cada periodo en una magnitud constante (a). Eso significa que los precios siguen la tendencia que cada periodo se ve alterado por la presencia del término aleatorio, o sea:

$$\Delta p = a\Delta T + b\varepsilon\sqrt{\Delta T}$$

Los cambios en los precios se distribuyen normalmente, de acuerdo con los siguientes momentos;

$$\text{Media} = a\Delta T ; \text{Desviación estándar} = b\sqrt{\Delta T} \text{ y Varianza} = b^2\Delta T$$

A pesar de que este modelo permite que los precios sigan una tendencia, tiene el inconveniente de que el desplazamiento por unidad de tiempo no mantiene ninguna relación con el nivel del precio del instrumento en la fecha de simulación.

Proceso de Ito (Modelo geométrico Browniano)

Este proceso es similar al proceso generalizado de Wiener, solo que el rendimiento esperado y la volatilidad, expresados como una proporción del precio del activo, se mantienen constantes, es decir:

$$\frac{\Delta p}{p} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

lo que significa que el precio se compone continuamente a una tasa μ (una variable de este modelo supone que la desviación estándar es variable, y cambia a lo largo del tiempo).

No obstante los beneficios del proceso de Ito sobre los otros procesos, también tiene sus limitaciones, sobre todo si se desea estimar el precio de instrumentos de deuda, el cual debe satisfacer la condición de que el precio de un bono libre de riesgo debe ser igual a su valor nominal en la fecha de vencimiento, lo cual no se garantiza con ninguno de los modelos anteriores. Además, el modelo debe asegurar que no existan posibilidades de arbitraje entre los precios de los bonos a diferentes plazos o con diferente calidad crediticia.

MÉTODOS PARA GENERAR NÚMEROS ALEATORIOS.

El objetivo de los experimentos de Monte Carlo es simular el comportamiento de los factores de riesgo que influyen en los precios de los activos financieros. Para mejorar la calidad estadística de las estimaciones del modelo de generación de números aleatorios deber ser eficiente. Evidentemente mientras mayor número de simulaciones se incluya en el modelo de Monte Carlo la eficiencia estadística de los parámetros que se desean estimar aumentara, sin embargo, los costos computacionales tienen una relación directa con el número de corridas.

Un experimento de Monte Carlo consiste en tomar un conjunto de N datos muestrales de una distribución de frecuencias, generalmente de una normal con media cero y varianza unitaria. Cuando N es reducido existe la posibilidad de que el error de muestreo sea alto, es decir, que los resultados, por ejemplo de dos simulaciones difieran significativamente.

Conforme N continúe aumentando el error irá disminuyendo; sin embargo una de las limitaciones del modelo de Monte Carlo es que el grado de convergencia del modelo puede ser muy bajo, además que los resultados de las corridas variarán, sobre todo si el número de corridas es reducido, conforme cambie el valor inicial con que se generaron los números aleatorios.

En la práctica, al menos se utilizan dos mil corridas, eso significa que si el portafolio de una institución financiera incluye 100 activos financieros, número que puede ser reducido dado el tamaño de las carteras de las instituciones financieras en México, el portafolio tendrá que reevaluarse 200 mil veces ($100 \text{ activos} * 2000 \text{ corridas}$). El costo para estimar el VaR de esta cartera con el método de Monte Carlo puede ser muy elevado, tanto en tiempo como desde el punto de vista computacional.

Para incrementar la exactitud en la estimación de los parámetros de la distribución sin elevar los costos, se han desarrollado varios procedimientos, como el *Modelo Diagonal de Jorion* explicado en la sección de la metodología del Delta Normal.

Otra fuente de error de muestreo del modelo de Monte Carlo, adicional a que se refiere al número de datos, tiene que ver con la uniformidad con que se generan los números aleatorios, la más común es la de la instrucción de escenarios aleatorios disponible en Excel.

Otros métodos que se han desarrollado para resolver el problema de la uniformidad, sobresalen:

Modelo "Quasi Monte Carlo"

A este modelo se le llama así, ya que en vez de utilizar números aleatorios usa números determinísticos que se generan a partir de un vector de secuencias. Las secuencias de los puntos, al ser deterministas, se pueden organizar de tal manera que cubran de manera uniforme toda la región, por ejemplo la del cuadrante 0-1. En este método a la medida que indica como la secuencia de puntos cubre esa región se le llama

discrepancia. Mientras mejor están distribuidos los puntos en la región, mas baja será la discrepancia, es por eso que a este procedimiento se le conoce como secuencias de baja discrepancia.

Al generarse los escenarios de manera determinista se elimina el problema de los huecos y el de la agrupación de datos, además de que el modelo es entre 20 y 50 veces más rápido que el Monte Carlo estándar.

Método de “bootstrap”

Este método consiste en generar de manera aleatoria la distribución de frecuencia de los cambios de un factor de riesgo, a partir de la distribución histórica del propio factor de riesgo. El procedimiento consiste en dos etapas: se eligen “N” datos de los rendimientos del factor de riesgo i -ésimo observados durante los últimos “N” días. Se supone que la probabilidad de ocurrencia de cada dato es la misma. Posteriormente se extraen “n” datos de la muestra anterior (donde “N” > “n”). Con estos “n” datos se construye la distribución de frecuencias de los cambios del factor de riesgo.

Por ejemplo, de la distribución de los rendimientos del tipo de cambio observados entre enero de 1997 y septiembre de 1998 (450 datos) se construyó una nueva distribución al elegir aleatoriamente 100 datos de la primera distribución. Con esta distribución se reevalúa el portafolio y se estima el VaR.

A continuación se desarrollara la metodología del modelo de Monte Carlo considerando un activo, tres activos cuyos rendimientos son absolutamente independientes, y finalmente el caso de tres activos cuyos rendimientos presentan correlaciones históricas que nos interesa preservar en las simulaciones futuras de precios.

CASO DE UN ACTIVO

El precio de un activo en tiempo continuo puede representarse por:

$$dp_t = \sigma \cdot d\xi_t$$

donde σ representa al parámetro de volatilidad conocido y $\xi \xrightarrow{iid} N(0,1)$. Discretizando para el caso en que Δt se refiere a un minuto o un día ($\Delta t=1$), podemos representar la versión discreta de la ecuación anterior como:

$$\Delta p_t = \sigma \cdot \Delta \xi_t = \sigma \cdot \xi_t \cdot \Delta_t = \sigma \cdot \xi_t$$

$$p_t = p_{t-1} + \sigma \cdot \xi_t$$

Recursivamente hacia atrás es posible deducir que:

$$p_T = p_{t-1} + \sigma \cdot \sum_{s=t}^T \xi_s$$

de manera que para generar un vector de J precios para un activo (y por ende rendimientos) para un horizonte T, debo generar J secuencias de largo T para ξ_s . Gráficamente este procedimiento se presenta como:

$$\left. \begin{array}{l} \xi_t^{(1)}, \xi_{t+1}^{(1)}, \xi_{t+2}^{(1)}, \dots, \xi_T^{(1)} \Rightarrow p_T^{(1)} \\ \xi_t^{(2)}, \xi_{t+1}^{(2)}, \xi_{t+2}^{(2)}, \dots, \xi_T^{(2)} \Rightarrow p_T^{(2)} \\ \dots \\ \xi_t^{(J)}, \xi_{t+1}^{(J)}, \xi_{t+2}^{(J)}, \dots, \xi_T^{(J)} \Rightarrow p_T^{(J)} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} r_T^{(1)} \\ r_T^{(2)} \\ \dots \\ r_T^{(J)} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Histograma}$$

A partir de este histograma es posible generar un vector de riquezas alternativas con un horizonte T, de manera de poder calcular el VaR de este portafolio.

PORTAFOLIO CON N ACTIVOS: DESCOMPOSICIÓN DE CHOLESKI.

Consideremos ahora la situación de un portafolio que posee n activos pero que ninguno presenta correlación de rendimientos entre ellos. Esta caricatura de la realidad no es más que una extensión lineal de lo que se presentó anteriormente. El diagrama de simulación corresponde a:

$$\left. \begin{array}{l} p_{1t} = p_{1t-1} + \sigma_1 \cdot \xi_{1t} \\ p_{2t} = p_{2t-1} + \sigma_2 \cdot \xi_{2t} \\ \dots \\ p_{nt} = p_{nt-1} + \sigma_n \cdot \xi_{nt} \end{array} \right\} \text{Matricialmente} \rightarrow \begin{bmatrix} p_{1t} \\ p_{2t} \\ \dots \\ p_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1t-1} \\ p_{2t-1} \\ \dots \\ p_{nt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_{1t} \\ \xi_{2t} \\ \dots \\ \xi_{nt} \end{bmatrix}$$

donde las variables para cada activo heredan las características del modelo que se presento anteriormente. La generación de múltiples trayectorias de precios para cada activo sigue el mismo procedimiento ya presentado, puesto que no se ha incorporado ningún supuesto de correlación entre activos.

En la práctica es necesario considerar las correlaciones existentes entre activos. Supongamos que el portafolio consiste de n activos correlacionados cuyo perfil de precios puede reflejarse en el siguiente diagrama:

$$\left. \begin{array}{l} p_{1t} = p_{1t-1} + \phi_{11} \cdot \xi_{1t} + \phi_{12} \cdot \xi_{2t} + \dots \\ p_{2t} = p_{2t-1} + \phi_{21} \cdot \xi_{1t} + \phi_{22} \cdot \xi_{2t} + \dots \\ \dots \\ p_{nt} = p_{nt-1} + \phi_{n1} \cdot \xi_{1t} + \phi_{n2} \cdot \xi_{2t} + \dots \end{array} \right\} \text{Matricialmente} \rightarrow \begin{bmatrix} p_{1t} \\ p_{2t} \\ \dots \\ p_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1t-1} \\ p_{2t-1} \\ \dots \\ p_{nt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1n} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n1} & \phi_{n2} & \dots & \phi_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_{1t} \\ \xi_{2t} \\ \dots \\ \xi_{nt} \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta p_{1t} \\ \Delta p_{2t} \\ \dots \\ \Delta p_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1n} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n1} & \phi_{n2} & \dots & \phi_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_{1t} \\ \xi_{2t} \\ \dots \\ \xi_{nt} \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \Delta P_{(nx1)} = \Phi_{(n \times n)} \cdot \Gamma_{(n \times 1)}$$

Tal como se demostrará la matriz cuadrada Φ no corresponde a la matriz de varianzas y covarianzas de manera que debemos utilizar alguna metodología de descomposición de matrices para generarla. El procedimiento consiste en utilizar la matriz de varianzas y covarianzas y la descomposición de Choleski para generar la matriz Φ .

Sabemos que $\Delta P = \Phi \cdot \Gamma$, de manera que al multiplicar por la transpuesta se obtiene:

$$\Delta P \cdot \Delta P' = \Phi \cdot \Gamma \cdot \Gamma' \cdot \Phi'$$

El componente izquierdo de la ecuación corresponde a la matriz de varianzas y covarianzas de los rendimientos, y asumiendo que los ξ_{it} se distribuyen iid normal con media 0 y varianza 1, es decir, $E[\Gamma \cdot \Gamma'] = I_n$, entonces:

$$E[\Delta P \cdot \Delta P'] = \Phi \cdot E[\Gamma \cdot \Gamma'] \cdot \Phi'$$

$$E[\Sigma] = \Phi \cdot \Phi'$$

siendo la última expresión la descomposición de Choleski para la matriz de varianzas y covarianzas de los rendimientos. Una vez encontrada la matriz descompuesta Φ se procede a simular J secuencias de largo $\{t+1, T\}$, de precios (rendimientos) para el vector de n activos del portafolio. Este vector simulado de rendimientos servirá de base para el cálculo del VaR generado a partir de J simulaciones de Monte Carlo ($J=10,000$) para todo el vector de rendimientos.

CAPÍTULO IV

PORTAFOLIO ACCIONARIO

IV.1 CASO PRÁCTICO

El mercado sirve para intercambiar productos o servicios y para establecer precios. En el mercado accionario, los precios a los que nos referimos son los de las acciones y demás títulos que representan el capital o que se emiten en sustitución de ellas, como los ADR's, los CPO's u otros.

Cuando se negocia una acción de Telmex, por ejemplo, además de transferir la propiedad del título, la transacción fija un nuevo precio. Lo mismo ocurre en el mercado cambiario: con cada negociación de dólares, se determina una nueva paridad; o en el mercado de deuda: con cada compra-venta de Cetes se determina un nuevo rango de la tasa líder.

Los nuevos precios o rangos son la motivación que tienen muchos de participar en los mercados. En ello cifran sus expectativas. Los cambios en los precios, por lo mismo, son un riesgo inherente al mercado.

Una casa de bolsa que mantenga posiciones accionarias espera que los precios suban; Si suben, la casa de bolsa puede lograr el cometido de su portafolio. Si los precios caen no va a lograr su cometido y, además, sufrirá la pérdida de una parte del valor de su inversión.

El riesgo, en el mercado accionario puede verse desde dos puntos de vista:

- Riesgo específico, que se refiere a la volatilidad de un valor dada por las características o expectativas sobre el emisor. Este tipo de riesgo puede administrarse, de algún modo, gracias a las diversas técnicas de diversificación.
- Riesgo general, que se refiere a la sensibilidad o cambio en el valor de un portafolio debido a la situación del mercado en general. Este tipo de riesgo no puede eliminarse mediante ninguna técnica de diversificación.

La más natural de las posiciones accionarias, la tenencia de títulos, disminuye de valor cuando los precios bajan. ¿Cómo evitar perder si los precios caen?

No es sencillo administrar los riesgos de un portafolio de acciones. Algunos estudiosos recomiendan estructurar carteras bajo modelos o programas que tienden a diversificar el riesgo o a tratar de adquirir los valores, teóricamente, a precios bajos.

Una vez explicado de manera general el riesgo de variaciones en los precios de las acciones, se calculara el valor en riesgo del siguiente portafolio de acciones, mediante la reducción de la matriz de covarianza haciendo uso del coeficiente beta.

El portafolio de acciones, con el cual se trabajara en este capítulo lo componen las siguientes emisoras, con una muestra de 60 días:

Emisora	Serie	Títulos	Precio	Importe	% Portafolio
ALFA	A	500	42.3	21,150.00	12.1293801
COMERCI	UBC	1,800	12.17	21,906.00	12.5629409
DESC	B	6,000	3.06	18,360.00	10.5293342
GFINBUR	O	1,100	19.2	21,120.00	12.1121753
GMODELO	C	1,500	28.65	42,975.00	24.645868
TELMEX	L	2,000	18.3	36,600.00	20.9898492
USCOM	B-1	2,300	5.33	12,259.00	7.03045249
TOTAL				\$ 174,370.00	100%

El *importe* es el producto de los títulos de la emisora por su precio, y el *porcentaje del portafolio* o también conocido como el peso específico de la emisión dentro del portafolio se obtiene de la siguiente manera

$$\%Portafolio = \frac{Im\ porteEspecif}{Totaldel\ Im\ porte}$$

Es decir, para la emisora Alfa su peso específico dentro del portafolio sería,

$$\% = \frac{21,150.00}{174,370.00} = 12.1293801$$

Las muestras de las emisoras con las que trabajaremos se muestra en el anexo 1, con la finalidad de mostrar los datos que se requieren así como para la comprobación de los resultados de este caso práctico y las describiremos de la siguiente manera; los *Valores Y* y *Valores X* son los cambios porcentuales de los precios y del IPC respectivamente.

Los cambios porcentuales se obtienen de la siguiente manera $\% = \left[\frac{F}{I} - 1 \right] * 100$, entonces tenemos que el cambio porcentual de Alfa del periodo del 11/10/04 al 12/10/04

$$es, \left[\frac{42.21}{42.61} - 1 \right] * 100 = -0.938747 \quad \text{y para el IPC} \left[\frac{11,023.16}{10,975.29} - 1 \right] * 100 = 0.436162$$

En la siguiente tabla se muestran los diez primeros cambios porcentuales para la emisora Alfa y el índice (IPC) como medida de comprobación.

DETALLE DE LA MUESTRA									
Fecha inicial	Fecha final	Emisora	Serie	Precio Final	Precio inicial	Valor IPC final	Valor IPC inicial	Valores Y	Valores X
11/10/2004	12/10/2004	ALFA	A	42.21	42.61	11,023.16	10,975.29	-0.938747	0.436162
08/10/2004	11/10/2004	ALFA	A	42.61	42.15	10,975.29	10,920.97	1.091340	0.497392
07/10/2004	08/10/2004	ALFA	A	42.15	42.99	10,920.97	11,097.96	-1.953943	-1.594798
06/10/2004	07/10/2004	ALFA	A	42.99	42.86	11,097.96	11,090.92	0.303313	0.063475
05/10/2004	06/10/2004	ALFA	A	42.86	43.10	11,090.92	11,117.34	-0.556845	-0.237647
04/10/2004	05/10/2004	ALFA	A	43.10	43.28	11,117.34	11,181.63	-0.415896	-0.574961
01/10/2004	04/10/2004	ALFA	A	43.28	43.48	11,181.63	11,078.26	-0.459982	0.933089
30/09/2004	01/10/2004	ALFA	A	43.48	43.06	11,078.26	10,957.37	0.975383	1.103276
29/09/2004	30/09/2004	ALFA	A	43.06	42.88	10,957.37	10,980.32	0.419776	-0.209010
28/09/2004	29/09/2004	ALFA	A	42.88	42.09	10,980.32	10,843.42	1.876930	1.262517

Sacamos las estadísticas de cambios porcentuales por emisora, desglosaré el proceso para la primera emisora (alfa) tomaremos 60 datos pero se mostraran los primeros diez datos como representación, y los totales son el resultado de los 60 datos.

Para las estadísticas (media, desviación estándar) comenzaremos con sacar las estadísticas de la acción, para posteriormente sacar las del índice el siguiente cuadro muestra el detalle de las estadísticas de la emisora alfa y del IPC.

EMISORA ALFA									
Variaciones									
Fecha inicial	Fecha final	Valores Y (Emisora)	Valores X (IPC)	$Y=(Y-MediaY)$	$X=(X-mediaX)$	Y^2	X^2	XY	
11/10/2004	12/10/2004	-0.938747	0.436162	-1.220447067	0.25746345	1.489491	0.066287	-0.314221	
08/10/2004	11/10/2004	1.09134	0.497392	0.809639933	0.31869345	0.655517	0.101566	0.2580269	
07/10/2004	08/10/2004	-1.953943	-1.594798	-2.235643067	-1.77349655	4.9981	3.14529	3.9649053	
06/10/2004	07/10/2004	0.303313	0.063475	0.021612933	-0.11522355	0.000467	0.013276	-0.00249	
05/10/2004	06/10/2004	-0.556845	-0.237647	-0.838545067	-0.41634555	0.703158	0.173344	0.3491245	
04/10/2004	05/10/2004	-0.415896	-0.574961	-0.697596067	-0.75365955	0.48664	0.568003	0.5257499	
01/10/2004	04/10/2004	-0.459982	0.933089	-0.741682067	0.75439045	0.550092	0.569105	-0.559518	
30/09/2004	01/10/2004	0.975383	1.103276	0.693682933	0.92457745	0.481196	0.854843	0.6413636	
29/09/2004	30/09/2004	0.419776	-0.20901	0.138075933	-0.38770855	0.019065	0.150318	-0.053533	
28/09/2004	29/09/2004	1.87693	1.262517	1.595229933	1.08381845	2.544759	1.174662	1.7289396	
	SUMA	16.902004	10.721913			82.18197	35.93757	35.979479	

Cuadro resumen

Los cálculos serán para la emisora y para el IPC respectivamente con ayuda del cuadro resumen:

Para la media
$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n-1}$$

De la emisora $\mu = \frac{16.902004}{60} = 0.2817007$ e IPC $\mu = \frac{10.72191}{60} = 0.178698$

Varianza
$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\sigma^2 = \frac{82.1819741}{59} = 1.39291482 \quad \text{y} \quad \sigma^2 = \frac{35.937565}{59} = 0.60911128$$

Desviación Estándar
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{82.1819741}{59}} = 1.18021812 \quad \text{y} \quad \sigma = \sqrt{\frac{35.9375654}{59}} = 0.78045581$$

Covarianza
$$Cov = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n-1}$$

$$Cov = \frac{35.979479}{59} = 0.60982168$$

Correlación
$$\rho = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

$$\rho = \frac{0.60982168}{\sqrt{(82.1819741)(35.9375654)}} = 0.011221$$

Beta
$$\beta = \frac{Cov_{X,Y}}{\sigma^2_{IPC}}$$

$$\beta = \frac{0.60982168}{0.60911128} = 1.00116629$$

La tabla siguiente muestra el resumen general de los estadísticos de cambios porcentuales por emisora:

Emisora	Serie	% Media Precio Emisora	% Varianza Precio Emisora	% Desv. Standar Precio Emisora	% Portafolio	% Covarianza respecto IPC	Valor Alfa respecto IPC	Valor Beta respecto IPC
ALFA	A	0.2817	1.392915	1.180218	0.1212938	0.609822	0.102793	1.001166
COMERCI	UBC	0.078679	1.669876	1.292237	0.1256294	0.439551	-0.050275	0.721627
DESC	B	0.033299	1.162441	1.078166	0.1052933	0.240825	-0.037353	0.395371
GFINBUR	O	0.282638	2.847631	1.687492	0.1211218	0.746415	0.063658	1.225416
GMODELO	C	0.073398	0.741629	0.861179	0.2464587	0.257527	-0.002154	0.422791
TELMEX	L	0.079364	0.824781	0.908175	0.2098985	0.528705	-0.075745	0.867994
USCOM	B-1	-0.129425	1.03606	1.01787	0.0703045	-0.004817	-0.128012	-0.007908

Los estadísticos de cambios porcentuales para el IPC son:

IPC	Media	Varianza	Desv. Estándar
IPC	0.17869855	0.60911128	0.78045581

El siguiente paso es generar la matriz de coeficientes de covarianza, que como vimos en el capítulo III a medida que se incrementa nuestros activos, es mas probable que algunas correlaciones se midan con error, el modelo que utilizaremos simplificara el proceso proporcionando una estructura más simple para la matriz de covarianzas, por medio del uso del coeficiente de beta.

El supuesto es que el movimiento común en todos los activos se debe a un solo factor común, el mercado. El modelo es el siguiente,

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i, \quad E[\varepsilon_i] = 0,$$

$$E[\varepsilon_i R_m] = 0, \quad E[\varepsilon_i \varepsilon_j] = 0, \quad E[\varepsilon_i^2] = \sigma_{\varepsilon,i}^2$$

El rendimiento del activo i es derivado del rendimiento del mercado R_m y por un término aleatorio ε_i , el cual no esta correlacionado con el mercado ni a través de los distintos activos. Por lo tanto la varianza puede descomponerse como:

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\varepsilon,i}^2$$

Entonces la covarianza entre dos activos es:

$$\sigma_{i,j}^2 = \beta_i \beta_j \sigma_m^2$$

Por ejemplo para nuestras emisoras Alfa y Comerci la covarianza es la siguiente,

$$\sigma_{ALFA,COMERCI}^2 = (1.001166)(0.721627)(0.609111) = 0.440064$$

Por lo tanto para nuestro portafolio la matriz de covarianzas queda de la siguiente manera,

MATRIZ DE COVARIANZAS							
	ALFA	COMERCI	DESC	GFINBUR	GMODELO	TELMEX	USCOM
ALFA	1.39292	0.44006	0.24111	0.74729	0.25783	0.52932	-0.00482
COMERCI	0.44006	1.66988	0.17379	0.53863	0.18584	0.38153	-0.00348
DESC	0.24111	0.17379	1.16244	0.29511	0.10182	0.20903	-0.00190
GFINBUR	0.74729	0.53863	0.29511	2.84763	0.31558	0.64788	-0.00590
GMODELO	0.25783	0.18584	0.10182	0.31558	0.74163	0.22353	-0.00204
TELMEX	0.52932	0.38153	0.20903	0.64788	0.22353	0.82478	-0.00418
USCOM	-0.00482	-0.00348	-0.00190	-0.00590	-0.00204	-0.00418	1.03606

Una vez construida la matriz de covarianzas, calcularemos el Valor en Riesgo diario de nuestro portafolio, con un nivel de confianza del 99% como se muestra:

VaR= Valuación del portafolio [Tasa VaR]

$$TasaVaR = (\mu_{portafolio} - \alpha \cdot \sigma_{portafolio})$$

donde:

μ = Media ponderada del portafolio; que es la suma de las medias de cada emisora multiplicada por su peso específico dentro del portafolio

$$\mu_{portafolio} = \% \mu_{ALFA} + \% \mu_{COMERCI} + \% \mu_{DESC} + \dots$$

α = Nivel de confianza del 99%

σ = Es la raíz de el producto de la matriz de covarianzas y el peso específico de cada emisora, por la transpuesta de la matriz de pesos específicos

$$\begin{bmatrix} \%_{ALFA} & \%_{COMERCI} & \dots \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Cov_{alfa,alfa} & Cov_{alfa,comerci} & Cov_{alfa,n} \\ Cov_{comerci,alfa} & Cov_{comerci,comerci} & Cov_{comerci,n} \\ Cov_{m,alfa} & Cov_{m,comerci} & Cov_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \%_{ALFA} \\ \%_{COMERCI} \\ \vdots \end{bmatrix} = \sigma_{portafolio}^2$$

Por lo tanto el riesgo diario de nuestro portafolio se obtendrá de la siguiente manera, para la varianza del portafolio se tiene que:

$$\begin{bmatrix} \left(\begin{matrix} 0.12129 & 0.12562 & 0.10529 & 0.12112 & 0.24645 & 0.20989 & 0.07030 \end{matrix} \right) \cdot \begin{pmatrix} 1.3929 & 0.4401 & 0.2411 & 0.7473 & 0.2578 & 0.5293 & -0.0048 \\ 0.4401 & 1.6699 & 0.1738 & 0.5386 & 0.1858 & 0.3815 & -0.0035 \\ 0.2411 & 0.1738 & 1.1624 & 0.2951 & 0.1018 & 0.2090 & -0.0019 \\ 0.7473 & 0.5386 & 0.2951 & 2.8476 & 0.3156 & 0.6479 & -0.0059 \\ 0.2578 & 0.1858 & 0.1018 & 0.3156 & 0.7416 & 0.2235 & -0.0020 \\ 0.5293 & 0.3815 & 0.2090 & 0.6479 & 0.2235 & 0.8248 & -0.0042 \\ -0.0048 & -0.0035 & -0.0019 & -0.0059 & -0.0020 & -0.0042 & 1.0361 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.12129 \\ 0.12563 \\ 0.10529 \\ 0.12112 \\ 0.24646 \\ 0.20990 \\ 0.07030 \end{pmatrix} \right] = \sigma_p^2$$

$$\sigma_p^2 = 0.4210608$$

$$VaR_p = 174,370.00 \cdot \left[0.107441 - \left(2.326347 \cdot \sqrt{0.4210609} \right) \right]$$

Por lo tanto el Valor en riesgo diario para el portafolio es:

$$VaR_p = -2444.853$$

Como se planteo en el capítulo III para el cálculo del valor en riesgo anualizado, sabemos que lleva relación con la base de datos, lo que hace necesario el ajuste por el parámetro Δt .

$$VaR_p = \text{Valuacion} \cdot \left[\mu_p - \alpha \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\Delta t} \right]$$

donde Δt es el tiempo por lo tanto para un año se tomaran 250 días.

$$VaR_p = 174,370.00 \cdot \left[0.107441 - \left(2.326347 \cdot 0.64889206 \cdot \sqrt{250} \right) \right]$$

Finalmente nuestro Valor en Riesgo del portafolio anualizado es:

$$VaR_p = -41431.374$$

Por lo tanto, esto significa que la pérdida máxima que puede sufrir nuestro portafolio en un día es de \$2,444.85 y anualmente \$41,431.37, lo que significa que solamente el 1% de las veces el rendimiento del portafolio caerá mas de lo que señala el VaR.

CONCLUSIONES

Los riesgos se presentan en toda actividad del hombre y el mercado financiero es representativo de alto riesgo. El riesgo surge del impulso mismo de los participantes en su delirio de lograr la máxima satisfacción que le puedan generar sus activos. La aversión ante el riesgo se encuentra latente en la mayoría de los agentes y aún aquellos que les fascina vivir con riesgo se preparan para acotar la posibilidad de pérdida que puede soportar.

Sin embargo son muchas las evidencias de la facilidad con que se cae en errores que llevan a desajustes incluso de carácter mundial, al querer explicar el riesgo mediante una sola variable o visión unilateral de los llamados analistas "expertos". Este punto es de gran importancia para el presente trabajo, debido a que el instrumento de riesgo al que hace referencia, Valor en riesgo, debe evitarse que se le tome como un mecanismo que elimina el riesgo de los activos en lugar de un elemento de toma de decisiones cuando de enfrentar el riesgo se trata.

El riesgo no puede eliminarse por completo porque eso sería como afirmar que algún agente o entidad económica puede mantener bajo control todas las variables que influyen sobre un activo, cosa que es falsa. Lo que se hace es identificar, medir y controlar el riesgo mediante la observación cuidadosa de las variables que tienen mayor influencia sobre la volatilidad o variabilidad de los activos.

Un entendimiento cabal del riesgo permite que los administradores financieros puedan estar en condiciones de planear adecuadamente la forma de anticiparse a posibles resultados adversos y sus consecuencias y de este modo, estar mejor preparados para enfrentar la incertidumbre futura sobre las variables que puedan afectar sus resultados, esto, a su vez les permite ofrecer mejores precios por administrar el riesgo que su competencia.

Por lo tanto hemos podido constatar que tan poderosa puede ser la herramienta de Valor en Riesgo para la buena administración de riesgos en los portafolios de alguna empresa financiera o en la estructura de deuda de alguna empresa. Si bien el Valor en Riesgo a decir de los expertos no se le considera como una panacea para prevenir el riesgo debido a su fundamento de carácter "normal" pero también se reconoce como el pionero de métodos futuros en la materia del que mucho se adolece en la actualidad.

Afortunadamente la creciente ola de equipos multidisciplinarios nos han llevado a poder realizar trabajos en conjunto donde se relaciona la parte matemática, económica operativa, etcétera, que antes se manejaba por separado, de esta creciente unión surgió el VaR y otras herramientas donde las finanzas ya no son vistas de forma sencilla pues la complejidad matemática ha llegado para poder sustentar los modelos actuales sin olvidar por supuesto la experiencia del operador o del estratega, por lo que actualmente cada día se negocian mas y mas instrumentos complejos y es debido a que las empresas están utilizando el VaR como una medida de decisión estratégica.

Actualmente todo buen administrador financiero o director de una empresa deber estar consciente de los riesgos que se incurren al operar cualquier cosa ya que estamos en un mundo donde la interacción con nuestro ambiente puede llevarnos a cambiar de rumbo o dirección, la constante principal en el mundo de los negocios de hoy es el cambio por el

que se debe tener información al día de todo lo que suceda alrededor que pueda afectar a la empresa, en el caso de los mercados financieros, se sabe que a nivel mundial están correlacionados, sólo hay que recordar el efecto Dragón, Tequila, Zamba y actualmente la desaceleración económica, por lo que es muy importante conocer estas técnicas de riesgo que nos pueden llevar a estar mejor preparados para enfrentar los cambios en nuestro entorno y tomar decisiones adecuadas que mitiguen o anulen el riesgo.

En cuanto a las metodologías como se menciono tienen la ventaja de entregar un marco de referencia que permita formalizar la discusión del tema del riesgo en un portafolio de inversión, de manera de ampliar el horizonte de evaluación de performance de una cartera considerando criterios de riesgo, adicionalmente a consideraciones de rendimiento.

Cada uno de los diversos métodos presentados tiene ventajas y desventajas, y no precisamente porque el método sirva o no, si no se refiere a la necesidad del portafolio que se este analizando. En la medida que el portafolio analizado no convenga activos no lineales como opciones, se recomienda usar métodos simples como el delta-normal o simulación histórica, los cuales generan una matriz de riesgos en base a información de opciones (volatilidad implícita) o en base a rendimientos históricos. Sin embargo, si el portafolio dispone de activos no lineales es recomendable la utilización del método de simulación de Monte Carlo, el cual por lo demás tiene la desventaja de ser intensivo en recursos computacionales.

No existe regla genérica alguna que obligue a tomar una metodología de cálculo determinada, simplemente, el tipo de instrumentos, información y la capacidad técnica en el personal encargado del área de riesgos lo definen

Sobre estos aspectos se puede concluir que cualquier medida de riesgo tendrá que complementarse y llevarse a la revisión constante de los fundamentos que las actualicen bajo la idea que mientras más se le pida a la herramienta mas sofisticada deberá de ser el conocimiento de los tomadores de decisiones.

Por último podemos concluir, que el VaR es ampliamente aceptado y aunque no puede considerarse como la solución mas eficaz a los problemas de estimación de los riesgos de mercado si se puede considerarse como una herramienta indispensable en el monitoreo y administración de riesgos, que deber ser complementada con otros métodos estadísticos que cubras sus deficiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Banamex, Notas del área de administración integral de riesgos. México 1991.
- ❖ Best, Philip (1998). Implementig value at Risk, Wiley & Sons
- ❖ Brealey, Richard A; Myers Stewart. Principios de Finanzas corporativas. Madrid, México, McGraw-Hill Interamericana, 1993.
- ❖ Brigham, Eugene F. Fundamentos de administración financiera. México CECSA, 1994.
- ❖ Dobbins, Richard. Portafolio Theory and investement managment. Oxford, Balckwell, c1994.
- ❖ Dowd, Kevin(1998). Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management, John Wiley & Sons.
- ❖ De Lara, Alfonso (2000). Valor en Riesgo del mercado de dinero, Conducef.
- ❖ De Lara, Alfonso (2001). Medición y Control de riesgos financieros, Limusa Noriega editores.
- ❖ Gitman, Lawrence J, Joehnk Michael D. Fundamentals of investing. Bostos, México. Pearson Addisson Wesley.
- ❖ Haugen, Robert A. Modern Investmente Theory. Englewood Cliffs, New Jersey Prentice Hall, c1990.

- ❖ Jorion, Philippe(1996). Risk: Measuring the risk in value at risk. Financial analyst Journal.

- ❖ Jorion, Philippe (1997). Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk, McGraw-Hill

- ❖ Kupiec, P. (1995). Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models, Journal of Derivatives.

- ❖ Ross, Stephen A y Westerfield Randolph Finanzas corporativas, Madrid México, Irwin, 1999.

- ❖ Sánchez Cerón, Carlos (2001). Valor en Riesgo y sus aproximaciones. Valuación, Análisis y Riesgos, S.C.

- ❖ Sharp, F (1994). The Sharpe ratio.The Journal of Portafolio Management. Vol 21 No.1

- ❖ Weston, Fred J; Brigham Eugene. Fundamentos de administración financiera. México McGraw-Hill, 1994.

