

Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras

Jorge Rosillo Corchuelo
Clemencia Martínez Aldana

Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras

Universidad Externado de Colombia
Facultad de Administración de Empresas

Prohibida la reproducción o cita impresa o electrónica total o parcial de esta obra, sin autorización expresa y por escrito del Departamento de Publicaciones de la Universidad Externado de Colombia.

I S B N 958-616-877-8

© **JORGE ROSILLO CORCHUELO, 2004**

© **CLEMENCIA MARTÍNEZ ALDANA, 2004**

© **UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA, 2004**

Derechos exclusivos de publicación y distribución de la obra
Calle 12 n.º 1-17 Este, Bogotá - Colombia. Fax 342 4948.

Primera edición: julio de 2004

Concepto de carátula: Diana Carolina Bejarano Martínez

Composición: Proyectos Editoriales Curcio Penen

Impresión y encuadernación: Arco Impresores,

con un tiraje de 1.000 ejemplares.

Impreso en Argentina

Printed in Argentina

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO PRIMERO	
ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO	15
I. GENERALIDADES	15
A. Conceptos de riesgo	15
B. Clasificación del riesgo	19
C. El proceso de administración de riesgos	26
II. MARCO TEÓRICO	28
A. La teoría moderna de cartera de valores	
Harry Max Markowitz	28
1. Análisis y comentario	30
B. Administración de carteras de inversión	31
1. La teoría de carteras de Harry Markowitz	31
2. Los modelos CAPM y ARCH-M. Obtención de los coeficientes Beta; Robert Engle, David Lilien, Russell Robins	40
III. MARCO LEGAL	62
A. Evolución del marco legal	62
B. Visión general del Acuerdo de Basilea	62
C. Visión general del Nuevo Acuerdo de Capital de Basilea	66
D. Legislación colombiana	89
1. Legislación colombiana. Mediante la Circular Externa 042 de 2001	89
2. Circular Externa 088 de 2000	93
3. Decreto 1720 de agosto de 2001	96
4. Circular Externa 007 de 2002	98
5. Circular Externa 033 de 2002. Superintendencia Bancaria	99

IV. BIBLIOGRAFÍA	116
CAPÍTULO SEGUNDO	
CONCEPTOS BÁSICOS ESTADÍSTICOS PARA EL MANEJO	
Y APLICACIÓN DE MODELOS DE RIESGO	119
I. RENTABILIDAD - RIESGO	119
II. EL MODELO DE SHARPE CON UN CASO PRÁCTICO	128
III. VOLATILIDAD	136
A. Modelos de volatilidad	138
1. Modelo de estimación histórica	138
2. Método de promedios móviles	141
3. Modelo garch	142
4. Modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente o volatilidad dinámica o con suavizamiento exponencial	145
5. Otros modelos	148
IV. CORRELACIONES	149
A. Modelos para estimar la correlación	150
1. Estimación paramétrica	151
2. Método de promedios móviles	151
3. Modelos garch	152
4. Correlación implícita	153
V. CONCLUSIONES	153
A. Caso práctico. Especificación de los parámetros del CAPM	153
1. La tasa de interés libre de riesgo	153
2. La prima por riesgo de mercado	154
3. Los coeficientes beta de las acciones	155
B. Conclusiones del caso nacional de chocolates e índice general de valores de Colombia y Noel e índice general de la bolsa de valores de Colombia	156
V. BIBLIOGRAFÍA	162
CAPÍTULO TERCERO	
LA DURACIÓN Y CONVEXIDAD	167
I. CONCEPTO DE DURACIÓN	167
II. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN	168

III. AJUSTES DE LA DURACIÓN MEDIANTE LOS DERIVADOS	173
IV. LA CONVEXIDAD	179
V. EL VALUE AT RISK VALOR EN RIESGO PARA UN INSTRUMENTO DE DEUDA	181
VI. OTRO ENFOQUE DE LA DURACIÓN Y CONVEXIDAD	183
VII. SIMULACIÓN DE UN PORTAFOLIO CON FLUCTUACIÓN DE LAS TASAS DEL MERCADO Y MEDICIÓN DE LA DURACIÓN LA SENSIBILIDAD Y LA AFECTACIÓN EN LA VALORACIÓN	190
CAPÍTULO CUARTO	
CÁLCULO DEL VALOR DE RIESGO DE UNA CARTERA	211
I. MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO	211
II. CARACTERÍSTICAS DEL MODELO VaR	215
III. IMPACTO DE LOS FACTORES DE RIESGO	216
IV. CONTROL INTEGRAL DE RIESGOS	218
V. MÉTODOS DE CÁLCULO DEL VALOR DE RIESGO	227
CAPÍTULO QUINTO	
MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO	
HISTÓRICO - VARIANZA Y COVARIANZA - MONTECARLO	243
I. MODELO DE SIMULACIÓN HISTÓRICA	245
II. MODELOS DE PORTAFOLIO O DE VARIANZA COVARIANZA	250
III. MODELOS DE SIMULACIÓN DE MONTECARLO	258
A. Modelos para simular el comportamiento de los precios	258
B. Métodos para generar números aleatorios	261
C. Procedimientos para simular el comportamiento de variables correlacionadas a partir de variables aleatorias	262
IV. DURACIÓN Y CONVEXIDAD	265
V. MODELOS DE VALOR EN RIESGO: VaR (VALUE AT RISK)	
UN ENFOQUE CASUÍSTICO	278
A. Modelo VaR histórico	278
B. Modelo VaR de Montecarlo	287
CAPÍTULO SEXTO	
MEDICIÓN DEL RIESGO EN RENTA VARIABLE	
ACCIONES Y FORWARD	315
I. ACCIONES	315
II. DIVISAS	322

III. INSTRUMENTOS DE DEUDA O DE RENTA FIJA	324
A. Clases de instrumentos de deuda	324
B. Elección de los factores de riesgo	325
C. Ajuste de la curva de rendimiento y métodos de interpolación	326
1. Método de interpolación lineal	326
2. Método de regresión	327
3. "Mapping de RiskMetrics"	327
D. Estimación del valor en riesgo	328
IV. FUTUROS Y FORWARDS	330
A. Forward sobre el tipo de cambio	330
CAPÍTULO SÉPTIMO	
MODELO DE PORTAFOLIO PARA REDUCIR EL RIESGO NO SISTEMÁTICO	333
I. CÁLCULO DE LA FRONTERA EFICIENTE	335
CAPÍTULO OCTAVO	
CASO PRÁCTICO	355
I. VaR LIQUIDADO POR EL MODELO ESTÁNDAR	357
A. VaR sobre títulos a tasa fija	357
B. VaR sobre precios (U\$) y tasa de interés UVR	359
C. VaR sobre títulos a tasa variable más margen fijo. IPC	362
D. VaR portafolio de acciones	363
E. VaR de portafolio	364
ANEXOS	365
I. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO DE LOS TES B TASA VARIABLE	365
II. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO DE LOS TES B TASA FIJA	368
III. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO DE LOS TES B TASA FIJA PESOS	372
IV. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO DE LOS TES B TASA FIJA (UVR)	375
V. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO DE LAS ACCIONES	379
VI. EXPLICACIÓN DE LA VALORACIÓN Y CÁLCULO DEL MÉTODO AGREGADO	379

INTRODUCCIÓN

La cultura del riesgo se ha propagado en todos los ámbitos de la economía a nivel general en las actividades tanto productivas como de servicios y financieras y son los agentes de mercados financieros quienes están permanentemente en la sintonía y a la expectativa de conocer y medir el riesgo, así como de establecer estrategias de coberturas, debido a que son en primera instancia los orientadores y asesores de los inversionistas, frente a los excedentes de liquidez, por cuanto es su objeto social.

Sin embargo estos operadores de los mercados financieros, desde su posición de administradores de portafolios o de tomadores de posiciones propias, deben estar en plena capacidad de medir el efecto de los indicadores macroeconómicos en las inversiones, a fin de que definan el momento en que se debe negociar el papel (duración), porque según la volatilidad de los indicadores del mercado (factores de riesgo), una cobertura puede aumentar o disminuir de precio (sensibilidad) y por ende fijar una estructura de cobertura de riesgo (derivados).

Conscientes de lo anterior se elaboró el presente documento, en el cual se parte de un marco conceptual y se soporta en el marco teórico citando los modelos de ortodoxos que obtuvieron un Nobel en ciencias económicas y que sus teorías se aplican al campo de las finanzas. Es

relevante soportar unas aplicaciones en los elementos, variables y parámetros que explican el por qué unos resultados, con el objetivo de que los procesos no se vuelvan de rutina, sino que por el contrario permitan que se generen valores agregados a la ciencia y se enriquezcan los métodos; pero esto es posible si se dispone de la formulación de los modelos.

A partir de los conceptos y de los modelos se retoman las bases estadísticas y econométricas que permiten comprender e interpretar y desarrollar los modelos con expresiones matemático-financieras.

En otro de los apartes del documento se validan los modelos con portafolios en renta fija y en renta variable y se corren los modelos formulados previamente: el histórico a partir de series de tiempo para estimar hasta dónde puede llegar a exponer su capital; el de varianza-covarianza en el cual al definir el grado de interrelación entre los precios del portafolio y otro indicador de referencia se mide el nivel de dependencia y por ende el riesgo a que se expone la inversión; el de Montecarlo en el cual se simulan varios escenarios y se hacen pruebas a los diferentes portafolios para determinar el riesgo.

Finalmente se desarrolla uno de los modelos de mayor aplicación en Colombia y en el mundo y es el estándar o también denominado VaR o VeR (Valor de Exposición al Riesgo), el que impacta porque mide en un portafolio las afectaciones de los indicadores de riesgo tipo macroeconómico como son las volatilidades de las tasas de interés medidas por la DTF, la tasa interbancaria, la tasa de los TES, la tasa de los créditos de consumo, el comportamiento de las tasas de cambio por el dólar, el euro y las demás monedas en que se negocia.

El documento concluye en la aplicación de este modelo y en la validación para Colombia.

Los autores agradecen el apoyo brindado por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad Externado de Colombia. Igualmente, expresan su reconocimiento a los estudiantes de pregrado y postgrado, cuyos aportes contribuyeron a enriquecer los contenidos de este libro.

CAPÍTULO PRIMERO

ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO

I. GENERALIDADES

A. Conceptos del riesgo

El riesgo es la parte inevitable de cualquier proceso que implique tomar decisiones y para el caso específico de las finanzas se asocia con pérdidas potenciales que se pueden presentar en un portafolio de inversiones en una cartera debidamente conformada y se asocian con la probabilidad de una pérdida en el futuro.

Para determinar el riesgo es necesario partir de una valoración, por cuanto los diferentes agentes ya sea el inversionista o el administrador de portafolios les compete la creación del mayor valor económico, aunque se tilda esta operación de subjetiva al aplicar modelos financieros que permiten la manipulación de los resultados finales, lo que conlleva a concluir que lo ideal y acertado es el precio del mercado. La subjetividad se califica porque la valoración muchas veces va acorde con la posición del vendedor o del comprador, del inversionista mayoritario o del accionista minoritario y también va en función del ciclo económico y del sector al que corresponda. Los plantea-

mientos anteriores son válidos para valoración de empresas y de proyectos involucrando todos los activos de la compañía, pero la concepción teórica y práctica no es igualmente válida cuando se están valorando activos financieros en concreto, aunque es concluyente que el mercado es quien en realidad da la pauta del valor de un portafolio o de una cartera, porque a pesar del método que se aplique, los factores del mercado específicamente el grado de liquidez, determinan cuánto está dispuesta a reconocer la contraparte por el activo.

Es relevante tener en cuenta que para valorar de manera correcta se debe entender el modelo de valoración que se está aplicando, sus alcances y limitaciones, la razonabilidad de los supuestos teóricos y prácticos, la explicación de las variables que se involucran en el modelo y emplear supuestos lógicos para la cuantificación. Finalmente los resultados bien sea que se basen en datos históricos, aleatorios y/o con proyecciones a futuro, se deben validar con los resultados finales para una mayor objetividad presente y futura.

A nivel histórico en el campo de las finanzas es interesante mencionar como aportes a la teoría del riesgo a FRANCIS GALTON (1875), quien descubrió el concepto de “regresión a la medida, que hace alusión a que si bien es cierto los precios fluctúan en los mercados organizados y que los activos que se negocian en tales mercados es posible que estén sobrevaluados o subvaluados, siempre tenderán a unos precios históricos promedio, llegando en consecuencia a la normalidad promedio que siempre han mostrado. Esta es una fuerza que siempre se muestra en los mercados. De estos planteamientos GALTON pasó de la probabilidad estática a la dinámica.

JAMES TOBIN 1972, centró su teoría que le valió el Nobel en 1972, planteando el análisis de las compensaciones

que reciben los inversionistas cuando buscan equilibrar el riesgo, los beneficios y la liquidez. Propuso que los gobiernos recaudaran una tasa sobre las operaciones con divisas, como medio para evitar la especulación desestabilizadora, es decir fomentar el libre comercio, sin exponerse a los movimientos de los dineros calientes.

Adicionalmente HENRY MARKOWITZ (1990), desarrolló la teoría de los portafolios y planteó que en la medida que se adicionan más activos a un portafolio de inversión, el riesgo disminuye como consecuencia de la diversificación del mismo portafolio. Este planteamiento se mide a través de la desviación estándar (σ). También planteó los conceptos de covarianza y correlación, es decir que si en un portafolio los activos están correlacionados en forma negativa el riesgo de mercado debe disminuir.

Complementariamente WILLIAM SHARPE, quien también ganó premio nobel en 1990 por sus trabajos innovadores en el campo de la economía financiera, estableció un modelo de fijación de precios de activos financieros, en el cual un inversionista puede elegir una exposición al riesgo a través de una combinación de valores de renta fija y una cartera de renta variable. La composición óptima de la cartera depende de la valoración de las perspectivas de los activos que haga el inversionista y no de su actitud hacia el riesgo. Si cada uno de los activos contribuye al riesgo total en un valor determinado, el premio al riesgo y los ingresos esperados variarán en proporción directa a dicho valor. Estas relaciones se generan vía precios, por lo que los riesgos son susceptibles de enajenarse y las decisiones de cartera terminan siendo consistentes.

WILLIAM SHARPE fue el primero en plantear que el riesgo de cualquier activo o cartera de activos financieros o no, están representados por la siguiente expresión matemática:

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\varepsilon p}^2$$

donde σ_p^2 es el riesgo total del activo “p” expresado por la varianza de sus rendimientos. β_p^2 es el coeficiente de volatilidad de dicho activo. σ_m^2 es el riesgo total del mercado a través de la varianza de sus rendimientos. $\sigma_{\varepsilon p}^2$ representa el riesgo específico del activo, a través de la varianza de las desviaciones de los posibles rendimientos en relación al esperado. La multiplicación de $\beta_p^2 \sigma_m^2$ refleja el riesgo sistemático.

Es importante plantear otra expresión matemática financiera del nobel WILLIAM SHARPE que la identifica con la recta (SML) *Securities Market Line* o conocida como la recta de mercado de títulos:

$$E_p = R_t + (E_m - R_t) \beta_p$$

Esta expresión indica cómo el rendimiento esperado de un activo financiero E_p es función del rendimiento de activo sin riesgo R_t y de la prima de riesgo sistemático de activo.

Esta expresión es la que sintetiza el modelo (CAPM) *Capital Asset Pricing Model*.

Hacia 1994 el banco americano J. P. MORGAN propuso el concepto de valor en riesgo *Value at Risk* (VaR), como modelo basado en la teoría de la probabilidad para medir la exposición al riesgo en papales financieros o en carteras.

De manera complementaria estudiosos del tema y ganadores de premios nobel como MYRON SCHOLES profundizaron en el impacto que generan las fluctuaciones de factores como la tasa de interés, la maduración de las negociaciones y las variaciones de los precios, producto del análisis del impacto que generan estos factores el nobel planteó un modelo para la cobertura de los riesgos denominado *Black-Scholes*.

Otros estudiosos del tema ahondaron en las coberturas mediante permutas financieras (swaps), forwards, futuros, opciones.

Por otro lado las firmas que desarrollan actividades de banca de inversión plantearon modelos como el valor en riesgo (VaR), modelo estadístico basado en la teoría de la probabilidad, que involucra el concepto del *duration* y de la convexidad.

Los modelos anteriores y otros más como el de datos históricos, de varianza-covarianza, de Montecarlo entre otros llevaron a concepcuar que el riesgo en función de modelos matemático financieros como estrategia de medición.

B. Clasificación del riesgo

El concepto de riesgo es relevante cuando de inversiones se trata, porque los inversionistas siempre buscan minimizar el riesgo, y como son adversos al riesgo buscan igualdad de rendimientos entre inversiones o entre proyectos y si por alguna circunstancia están expuestos al riesgo eligen el mayor rendimiento esperado. Esto permite concluir que la diferencia entre los rendimientos ofrecidos por dos inversiones, una con riesgo y otra sin riesgo se identifica como prima de riesgo.

Existe otro concepto cuando se trata de descontar flujos y es el denominado tasa libre de riesgo, el que se toma por lo general a partir de inversiones en títulos valores o de activos financieros emitidos por el Estado, y es el caso de los bonos de deuda soberana de países como Estados Unidos o Alemania, porque son inversiones que están debidamente garantizadas, que gozan de alta liquidez en el mercado secundario, y de alta rotación.

La denominada tasa libre de riesgo, está compuesta del tipo de interés realmente pagado por el gobierno y la tasa de inflación esperada, la que se indexa de forma geométrica.

Algunos inversionistas no sólo buscan minimizar el riesgo invirtiendo en emisiones del gobierno, sino que también lo hacen diversificando el portafolio.

Es importante que toda cartera o portafolio de inversiones que se identifica como el conjunto de valores mobiliarios, formado por títulos (acciones o bonos), invertidos con diferentes fines, estén analizados y se conozca hasta dónde puede llegar su exposición al riesgo, para ello se deben tener en cuenta aspectos como: *análisis de la cartera* y dentro de ese análisis se deben considerar: análisis de la rentabilidad y del riesgo de cada activo; análisis de las empresas y de los sectores económicos; análisis de la interacción entre el riesgo y retorno de cartera; selección de la cartera y gestión de la cartera.

Para analizar lo anterior, vale la pena retomar algunas inquietudes de MARKOWITZ como: la decisión de inversión implica obtener rendimientos. ¿Son estos rendimientos seguros? Se está expuesto al riesgo, significa no lograr en el futuro los retornos esperados.

Para resolver el inconveniente MARKOWITZ propone el modelo riesgo-retorno, y lo enfoca hacia que el riesgo de una cartera se divide en dos:

- El sistémico o no diversificable: obedece a factores externos de las empresas, como las medidas de política económica, el comportamiento de las variables macroeconómicas, el comportamiento de la economía internacional, etc.

- Riesgo no sistémico o diversificable: está asociado al comportamiento de las empresas, lo determinan variables como la capacidad de dirección, el nivel de endeudamiento, la tecnología utilizada en los procesos, los riesgos financieros, etc.

Esta clasificación implica esclarecer unos conceptos básicos en cuanto retorno-riesgo y al riesgo-retorno.

Retorno-riesgo

- El retorno se mide por la media ponderada de los retornos esperados de los n valores que la componen.
- El riesgo se mide por la varianza del activo, específicamente por la desviación estándar.

Riesgo-retorno

Una vez medidos el riesgo y la rentabilidad, el inversor se enfrenta a una decisión compleja: obtener el mayor retorno esperado de la inversión, dado un nivel de riesgo esperado, obtener mínimo riesgo, dado un retorno esperado. Para lograr el objetivo, “diversifica”, mediante la estructuración eficiente de los activos.

Una buena decisión de inversión depende: la ponderación de cada activo en la cartera, la varianza o desviación estándar de cada activo, a covarianza o coeficiente de correlación por cada par de valores.

Para más precisión se presenta una clasificación de los riesgos:

- De mercado: es la probabilidad que la contraparte afectada por factores macroeconómicos como los precios, las tasas de interés, la tasas de cambio, la inflación, la devaluación, imposibilite el pago por parte del emisor o del garante tanto en portafolios de inversión como en carteras de crédito.
- De liquidez: cuando los agentes deben afrontar situaciones en las que los flujos de caja no se comportan de acuerdo con lo estimado, los créditos no se desembolsan, las inversiones no se llevan a cabo y no hay disponible para atender los compromisos. También hace alusión a la escasez del mercado para atender oferta de portafolios de inversiones y de cartera, ante lo cual el agente sale al mercado y éste no le compra los productos financieros.
- Legal: corresponde a cambio de normas que afectan a las partes a favor o en contra. También hace referencia

a pleitos o a formalismos que llevan a la demora en la legalización de compromisos o al diligenciamiento de formas.

- Operativo: se relaciona con fallas de tipo humano por desconocimiento, falta de pericia, tecnología inadecuada o mala voluntad. Es muy frecuente por la pérdida de alguna ficha técnica al interior de la entidad que conoce procesos o información detallada.

- De inflación: se refiere a la pérdida del poder adquisitivo de los flujos de la inversión por el efecto de la inflación, frente a las expectativas inicialmente concebidas. Es importante cuando se hagan estimaciones incluir las proyecciones de la inflación para obtener una tasa real más cuando las inversiones sean a largo plazo, ya que en el corto plazo la inflación es impermeable, tal es el caso de los CDT, de las aceptaciones bancarias, de los fondos de inversión, cuando el inversionista hace sus inversiones en períodos de tiempo bastante cortos. Esta afectación en el mediano o en el largo plazo se puede contrarrestar haciendo inversiones con tasas indexadas, es decir con tipos de interés variables o flotantes.

- De interés: hace referencia al efecto que dentro de un flujo ejerce una variación en las tasas del mercado, debido a la valoración del portafolio. El impacto es inverso al comportamiento de la tasa de interés, es decir si la tasa aumenta el valor de portafolio disminuye y viceversa.

- De cambio: corresponde a las fluctuaciones en los tipos de cambio de las divisas que afectan los rendimientos de las inversiones, bien sea que se esté de la parte deudora o acreedora, o que se adquieran inversiones en monedas diferente a la propia.

- Económico: es bastante puntual porque involucra tan solo un (os) sector (es) o entidad (es) por lo que es más fácil evitar el riesgo porque su conocimiento es de medición inmediata.

– De solvencia: o también llamado financiero o de crédito, corresponde a la incertidumbre de que el emisor o garante no está en condiciones de responder a sus compromisos con terceros por el pago de los intereses o la amortización de capital.

– País: involucra la problemática de un territorio específico por afectaciones políticas, sociales, religiosas, económicas entre otras que hacen riesgoso invertir por la incertidumbre de no pago, por la baja en las tasas de interés, por el tipo de cambio entre otras.

Cualquiera de los riesgos anteriores, conduce a que se gerencie el riesgo y se definan los pasos que permitirán implementar procesos para facilitar la toma de decisiones cuando en una compañía se filtre algún riesgo, por eso se deben adelantar a los acontecimientos y tener montada la estrategia. De esta forma la gerencia del riesgo, se convierte en un método eficiente para identificar oportunidades y minimizar las posibles pérdidas. A su vez proporciona un mayor control sobre los costos de la compañía, se convierte en una estrategia permanente y sistemática de información en la exposición al riesgo, el uso de los recursos de toda índole se hace más eficiente. Todo redundando en que a la hora de tomar responsabilidades el compromiso individual será más fuerte.

Muchas veces, la mayoría de los riesgos se mide por los resultados de los estados financieros, pero se debe ir más allá porque el riesgo operativo no se mide sino cuando se comprueba que hubo una falla o cuando algún cliente manifiesta por medio del servicio al cliente la falla, de lo contrario no se visualiza, porque los procesos humanos no siempre se miden con indicadores de gestión que lo soportan y permiten detectar a tiempo la falencia.

Es importante realizar investigaciones sobre el desempeño humano, el desarrollo de los procesos, aplicando métodos que proporcionen la información tomada de

fuentes directas e indirectas, de informes que entregan los jefes, los subalternos, de los clientes, para efectos de comparar las diversas fuentes y no sesgar información a la vez que se pueden tomar los correctivos necesarios. Estos informes deben ser analizados por grupos interdisciplinarios, donde figure un directivo delegado de la cabeza de la compañía.

Los recursos deben ser utilizados al máximo para de esta manera detectar riesgos, y oportunidades, con el fin de que en el análisis, con ayudas como matrices de costos, se puedan calificar los riesgos en cuanto a su prioridad, para definir los correctivos pertinentes.

Los riesgos se pueden clasificar en alto, medio y bajo y no son absolutos, sino que dependen del tipo de empresa y a su vez de la dependencia que se esté considerando.

La conceptualización del riesgo se puede circunscribir a los diferentes planteamientos del *comit Basilea* el cual lleva a que las entidades inmovilicen un monto mínimo de sus recursos propios como fondos de garantía, frente al riesgo de mercado, el cual puede generarse por fluctuaciones de los tipos de cambio (riesgo de cambio), por variaciones de las tasas de interés (riesgo de interés), por cambios en los precios de las acciones, en los índices bursátiles, o por variaciones en los precios de los commodities como suaves, granos, energéticos, o metales. Para cada uno de los riesgos citados se debe medir su máxima exposición al riesgo mediante el método estándar o un modelo interno propio de cada entidad.

El valor en riesgo VaR como se denomina en términos generales es el que permite cuantificar la máxima pérdida que se deriva de la exposición sobre la cartera que tenga una entidad, o una dependencia en concreto, por los posibles riesgos de mercado, que van en concordancia con el nivel de confianza estadístico que a bien tenga escoger la entidad, el cual se estima en la mayoría de los

casos entre el 95 y el 99%. Para determinar ese nivel de riesgo, se debe especificar un período de tiempo, y unas variables que deben permanecer constantes durante ese lapso. La cuantificación del riesgo también permite cuantificar el monto de recursos propios que la entidad debe disponer como soporte o garantía mínimos en caso de que los precios sufran variaciones de tal magnitud que generen rendimientos negativos en la cartera.

Conocer el riesgo es importante como medida de control, en la debida forma de cuantificar la máxima limitación del riesgo, y como estrategia para calcular la rentabilidad de los rendimientos que se encuentren ligados a la exposición.

El procedimiento que debe seguirse para el cálculo del riesgo es:

- a. Seleccionar los factores del riesgo: los expertos en medición del riesgo plantean que se deben considerar por lo menos seis factores de riesgos. La tasa de interés a partir de la curva que muestra los intereses, la tasa de cambio, la volatilidad, el tiempo, los precios, la inflación entre otros. Para el caso de los títulos gubernamentales si bien es cierto no hay riesgo de emisor en principio, si se debe considerar el riesgo del mercado identificado como el *spread* o el margen que se mide frente a la tasa libre de riesgo, tomada para el caso colombiano por los bonos del tesoro americano o del tesoro alemán.

En Colombia se trabaja con 13 factores de riesgo a saber: la DTF, tasa repos, tasa interbancaria, tasa real, libor, tasas de crédito de consumo, Money Market, tasas TES, UVR, TRM Euro, Yen, e IGBC.

Para el caso del riesgo por tasa de cambio, se debe tomar la tasa de cambio vigente para cada una de las monedas que conforman el portafolio a medir. Y que la entidad respectiva tenga posiciones abiertas.

Para la medición de las variaciones en renta variable, se debe tomar como punto de referencia el comportamiento de los respectivos índices de las bolsas donde se transan los títulos valores en cuestión.

b. Determinar la sensibilidad del rendimiento de la cartera, frente a los factores de riesgo: implica medir qué tanto varían los rendimientos de la cartera a raíz de la fluctuación de algunos de los factores, se asemeja con la elasticidad del factor. Para ello se necesita de la aplicación de modelos econométricos que faciliten los cálculos para medir la relación entre el rendimiento de una cartera específica y la variación en el factor de riesgo considerado.

c. Calcular la variación máxima de los factores de riesgo. Esto implica hacer proyecciones o estimaciones sobre las máximas variaciones esperadas en los factores de riesgo.

d. Determinar el valor en riesgo de la cartera: a partir de las proyecciones del numeral anterior y utilizando los cálculos sobre la sensibilidad de la cartera frente a los factores de riesgo.

C. El proceso de administración de riesgos

Los objetivos de una administración en función del riesgo contiene que se debe tener en cuenta que la institución no sufra pérdidas económicas que no sean manejables, porque su cartera o el portafolio no están lo debidamente protegidos y sufren exposición al riesgo. Adicionalmente se debe procurar un excelente desempeño financiero del citado agente económico tomando en cuenta el rendimiento ajustado del riesgo.

Lo anterior se logra dependiendo de los riesgos que considere la entidad como importantes para su gestión, de los controles que la entidad juzgue convenientes a

implantar y del nivel de divulgación que se dé al interior de la entidad, así como el nivel de compromiso entre los agentes internos. Luego el proceso de la administración del riesgo, implica en un comienzo conocer los riesgos, seguidamente medirlos o cuantificarlos, en tercer orden establecer el mecanismo de control con unos límites máximos de tolerancia y en cuarto orden contrarrestar esos riesgos mediante unas estrategias de cobertura.

Conocer los riesgos implica saber la naturaleza del riesgo a que se está expuesto. Si el riesgo es de mercado, se asume que hay una determinada volatilidad. Si es de tipo operativo, se sabe que puede ser ocasionado por interpretación de normas, de disposiciones, o por manejo de sistemas o de herramientas de apoyo. Si la naturaleza es crediticia, se presupone que es por incumplimiento de una de las partes, por manejo de la custodia de los títulos valores, por las liquidaciones o por las garantías que se dieron.

Una vez se detecte la naturaleza del riesgo se procede a su medición. Esta implica seguir uno de los tantos métodos conocidos como: datos históricos, varianza covarianza, montecarlo, duración, convexidad, VaR, entre otros.

Estos procesos que continúan en el tema de los riesgos es bien manejado por las entidades financieras y hace que las que enfrentan estos retos, sean más competitivas que las que no lo hacen. La cultura del riesgo permite que las entidades prevean con cierta facilidad situaciones adversas, se preparen para afrontarlas, las conozcan y establezcan controles y coberturas, de forma tal que regulen sus pérdidas o las compartan y ganen experiencia. Esto se logra en el largo plazo, y en consecuencia es posible que las entidades que no asuman posiciones ante el riesgo, ganen utilidades en el corto plazo, pero las consecuencias graves se verán en el largo plazo.

II. MARCO TEÓRICO

A. La teoría moderna de cartera de valores Harry Max Markowitz

Este economista estadounidense nace en 1927, es premio nobel de Ciencias Económicas en 1990 (compartido con MERTON H. MILLER y WILLIAM F. SHARPE) por sus trabajos en el campo de la teoría de la economía financiera.

Su contribución básica es la “teoría de la elección de cartera”. Planteó un modelo para la elección de una cartera de valores en condiciones de incertidumbre. El riesgo no depende sólo del riesgo aislado de cada valor, sino de la aportación de cada uno al total. Como los ingresos también se encuentran correlacionados, no es posible eliminar el riesgo por grande que sea la cartera.

Trabajó, sobre todo, en el tema de la asignación de los recursos disponibles para constituir una cartera de valores mobiliarios entre los diferentes activos financieros disponibles. Lo que usualmente se llama el modelo de Markowitz es una tecnología, un algoritmo que permite solucionar el problema de cómo repartir dichos recursos entre los diferentes títulos, valores mobiliarios o activos financieros de tal modo que la cartera resultante sea la mejor entre las posibles.

MARKOWITZ, está considerado como uno de los padres fundadores de la moderna economía financiera, nueva economía financiera, debido a sus trabajos pioneros sobre la elección de carteras.

Los cambios de los mercados mundiales no son idénticos. Al combinar las clases de activos con baja correlación a cada uno en la proporción apropiada, el riesgo puede ser disminuido a nivel de la cartera. La estrategia de asignación de inversiones a nivel mundial junto con la teoría moderna de cartera de valores le ofrece a los inver-

sionistas la mejor oportunidad de realizar la tasa de rendimiento del mercado con un riesgo mínimo. Es más, al seguir esta teoría, la bolsa de valores puede llegar a ser eficiente, y la técnica de invertir de manera pasiva provee el costo más bajo, disminuye el riesgo, y aumenta al máximo la probabilidad del éxito de la cartera en la mayoría de las clases de activos.

Algunas investigaciones realizadas sobre finanzas demuestran que el mayor determinante de la ejecución de sus inversiones es la asignación de activos: en qué mercados invertir, en qué segmentos del mercado, y en qué proporción. Una asignación de activos apropiada para las necesidades de los inversores les dará la tasa de rendimiento más favorable para el nivel de riesgo que hayan elegido. De acuerdo con MARKOWITZ, se reduce el riesgo a medida que aumenta la diversificación, es decir cuantas más acciones distintas posea el portafolio. De esta forma, se estaría muy cerca de la diversificación óptima cuando se conforma una cartera con no menos de doce acciones. A partir de allí, la diferencia entre poseer doce acciones o cien no modifica sustancialmente el nivel de riesgo.

Sin embargo, existen otros aspectos a tener en cuenta para alcanzar una diversificación exitosa:

- El portafolio no debe estar integrado sólo por acciones, sino también por otros activos tales como efectivo, bonos, fondos mutuos, y hasta derivados.

- No sólo son buenas las acciones líderes. En realidad es mejor poseer acciones con distintos retornos esperados, para que las ganancias de unas neutralicen las pérdidas de las otras.

- Las acciones a poseer deben abarcar distintos sectores industriales, para poder reducir el riesgo no sistemático inherente al sector.

- El riesgo sistemático, que representa el de todo el mercado y no sólo de una compañía o sector, no puede ser

minimizado con la diversificación, y de ahí que el riesgo total nunca pueda ser eliminado por completo. Eso quiere decir que un portafolio óptimamente diversificado puede llegar a enfrentar pérdidas.

Por otra parte, el nivel de tolerancia al riesgo depende de cada inversionista. Este nivel es dinámico, llegando a variar incluso durante la vida de cada uno. A medida que uno envejece, la tolerancia al riesgo disminuye, por lo que la diversificación también debe ser dinámica.

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 les denomina carteras eficientes. Para determinar qué 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.

1. Análisis y comentario

Diversificar el portafolio es una condición necesaria para reducir el riesgo de pérdidas en una inversión, pero no es suficiente para asegurar una buena rentabilidad. La clave para proteger y hacer crecer simultáneamente el patrimonio está en elaborar una estrategia que combine una ganancia interesante con un riesgo aceptable.

Una de las principales decisiones que debe tomar un inversor antes de decidir dónde colocar sus ahorros es qué proporción de riesgo y rentabilidad está dispuesto a asumir. La teoría económica demuestra que estos dos componentes esenciales de toda inversión están directamente relacionados: a mayor rentabilidad esperada, mayor nivel de incertidumbre (o riesgo de pérdida).

Los especialistas coinciden en que la diversificación no es un seguro contra todo riesgo, aunque, sí resulta eficaz para ayudar a alcanzar los objetivos de inversión de largo plazo, minimizando al mismo tiempo su riesgo. Sin embargo, no hay que olvidar que este riesgo nunca puede ser eliminado del todo.

El riesgo de una cartera bien diversificada, depende del riesgo de mercado de los activos incluidos en ella. Es importante en este sentido proteger los activos con una disciplina y criterio estable a través del tiempo. No hay expertos que acierten siempre; el futuro de las inversiones en su corto plazo es inexplicable y es importante establecer una estrategia adecuada, diversificando activos en aquellas proporciones adecuadas para el nivel de riesgo deseado.

B. Administración de carteras de inversión

1. La teoría de carteras de Harry Markowitz

El problema al que se enfrenta un inversionista, al formar una cartera de inversión, radica en encontrar una composición óptima de títulos que nos entreguen el menor riesgo para un máximo retorno. Debido a esto la preocupación se centra en resolver primero que todo cuáles son los títulos que se deben considerar y en segundo lugar cuánto de cada título comprar. La medida de riesgo de esta cartera puede ser calculada por su varianza o por su desviación estándar.

Al componer la cartera con títulos de distintos sectores económicos se supone que los precios de estas acciones no evolucionarán de idéntico modo, o lo que es lo mismo, la correlación entre títulos será menor si tomamos títulos de distintos sectores que si de manera aislada consideramos los de uno solo. Sin embargo, la menor correlación puede

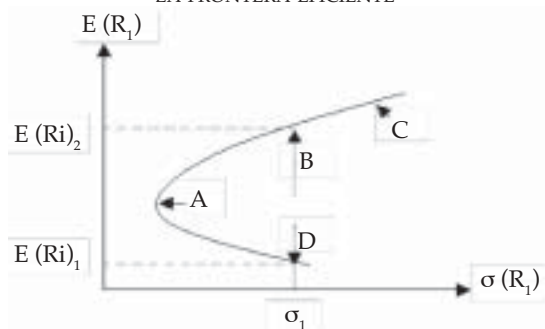
verse perjudicada por un mayor riesgo intrínseco de los títulos o también podría suceder que la correlación no disminuya producto de que existe una amplia ligazón entre los sectores que se están considerando.

Una vez seleccionados los diferentes títulos y además encontrado sus rendimientos y riesgos, se debe determinar la combinación idónea de los mismos que generen el mayor retorno para un nivel de riesgo dado o bien el menor riesgo para un retorno específico.

Básicamente, esta teoría propone buscar primero aquellas carteras (o títulos) que proporcionan el mayor rendimiento para un riesgo dado y al mismo tiempo determinar cuáles son las carteras que soportan el mínimo riesgo para un rendimiento conocido. Aquellas carteras que cumplen con los requerimientos anteriores se les denomina *carteras eficientes*.

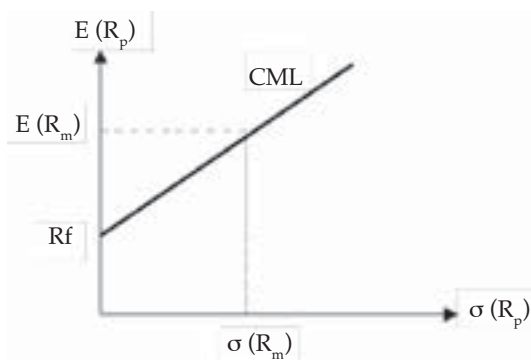
El resultado de ambos programas será el conjunto de carteras eficientes, que tiene la forma de curva convexa y que recibe el nombre de *frontera eficiente* (efficient set) por estar formada por la totalidad de las carteras que son eficientes. Dicho de otro modo, en la frontera eficiente están todas aquellas carteras que proporcionan el máximo rendimiento con un riesgo mínimo.

FIGURA 1
LA FRONTERA EFICIENTE



Resumiendo, en equilibrio todos los inversores adquieren la cartera del mercado, que estará formada por el conjunto de todos los activos con riesgo en la misma proporción que se encuentran en dicho mercado.

FIGURA 2
LA RECTA DEL MERCADO DE CAPITALES



Sólo las carteras eficientes se situarán en la CML, mientras que las restantes, o los títulos aisladamente considerados, lo harán por debajo de ella.

Características de la CML:

1. La ordenada (R_f) en el gráfico, es el tipo de interés nominal. Es el precio de consumo inmediato o la recompensa por esperar; es decir, por no consumir ahora, sino más tarde, recibiremos un $R_f\%$ de interés. Se le suele conocer con el nombre de *precio del tiempo*.
2. La pendiente de la CML representa la relación entre la rentabilidad esperada (ER_p) y el riesgo asociado (σR_m). Se la denomina *precio del riesgo*.

Ecuación de la CML:

A partir de la figura 2 se puede escribir la ecuación de la CML en función de su pendiente y de la ordenada en el origen R_f , donde el rendimiento esperado de la cartera de mercado será:

$$E_m = R_f + r\sigma_m$$

de donde se deduce el valor de la pendiente r :

$$r = \frac{E_m - R_f}{\sigma_m}$$

y sustituyendo el valor r en la ecuación inicial de la CML se obtiene:

$$E_p = R_f + \frac{(E_m - R_f) \sigma_p}{\sigma_m}$$

La teoría del mercado de capitales se refiere a las estimaciones que tienen los inversionistas a priori, por lo que existe la probabilidad de que los resultados difieran de lo estimado. La cartera de mercado resulta ineficiente en consideraciones a posteriori, ya que si no fuese así y el futuro se pudiese predecir con certeza, los inversionistas no diversificarían y la cartera óptima sería aquella formada por el título de máxima rentabilidad. Es precisamente la falta de certeza la que justifica la existencia de la *teoría de selección de carteras* y de la *teoría del mercado de capitales*.

La recta del mercado de valores (SML)

Por convenio, el riesgo de una cartera se calcula por la desviación estándar del rendimiento de la misma. En equilibrio se da una relación simple entre la rentabilidad

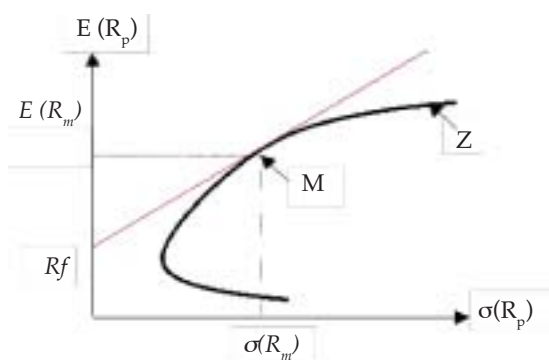
esperada y el riesgo de las carteras eficientes, la cual no se cumple para títulos aislados o carteras ineficientes, por lo que es necesario buscar otra medida de riesgo.

Al suponer que existe un título aislado (Z) situado por debajo de la CML. Este activo es considerado una inversión ineficiente y no podemos saber cuál es el retorno que el mercado le exige, pues esto solo es posible para aquellas carteras ubicadas en la CML. Si de manera adicional se supone que se divide la inversión entre la cartera óptima M y el título Z. El rendimiento esperado y el riesgo de la nueva cartera C sería:

$$E_c = xE_z + (1 - x) E_M$$

$$\sigma_c^2 = x^2 \sigma_z^2 + (1 - x)^2 \sigma_m^2 + 2x (1 - x) \sigma_{zm}$$

Cuanto mayor sea el valor X, mayor cantidad de nuestro presupuesto invertiremos en el título Z, y cuanto más próximo al punto cero, más se invertirá en la cartera del mercado.



Al calcular el valor de la pendiente de la curva MZ en el punto M, se tiene que la desviación estándar de la cartera es:

$$\sigma_c = \sqrt{x^2 \sigma_z^2 + (1 - x)^2 \sigma_m^2 + 2x (1 - x) \sigma_{zm}}$$

Ya se puede calcular la pendiente, la cual se define como el producto de los diferenciales del retorno esperado y la desviación estándar.

La importancia de esta pendiente radica en que el punto M, la combinación ZM, es tangente a la CML, estando en equilibrio, por lo tanto la siguiente igualdad siempre se cumple:

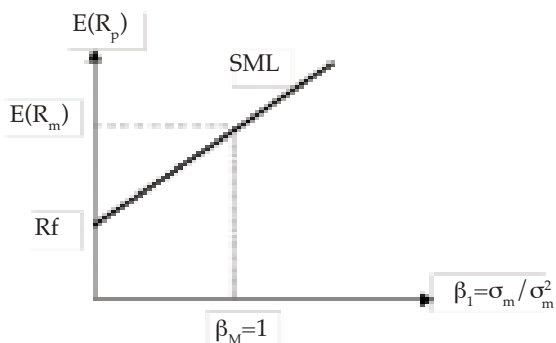
$$\frac{E(R_m) - R_f}{\sigma_m} = \frac{[E(R_z) - E(R_m)]\sigma_m}{\sigma_{zm} - \sigma_m^2}$$

con lo que se obtendrá la ecuación del mercado de valores (securities market line o SML), que es la base del modelo de valoración de activos financieros (CAPM) desarrollado por WILLIAM SHARPE (premio nobel en 1990):

$$E_z = R_f + \frac{E_m - R_f}{\sigma_m^2} \sigma_m$$

En equilibrio todos los títulos y carteras (eficientes o no) se situarán sobre la SML. Una medida adecuada del riesgo de los títulos es la covarianza de sus rendimientos con el mercado, representándose sobre la SML, que relaciona $E(R_i)$ con σ_{iM} . Por lo tanto cuando un inversionista decide agregar un nuevo título a su cartera debe tener claro que el único premio por su inversión será el equivalente a la covarianza del título con el mercado y no el riesgo total o desviación estándar del mismo. Rescribiendo nuestra ecuación e incorporando el concepto de *Beta*, la SML queda como sigue:

FIGURA 3
LA RECTA DEL MERCADO DE TÍTULOS (SML)

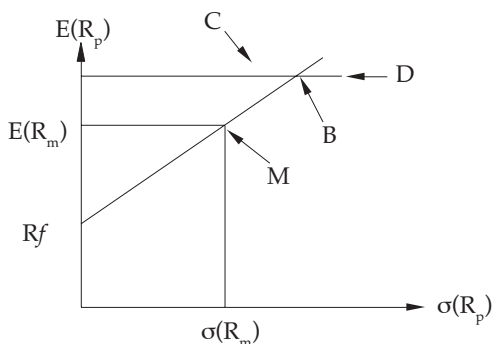


Dicho coeficiente *Beta* indica la volatilidad del título en relación con las variaciones del tipo de rentabilidad del mercado. Aquellos títulos o carteras con un $\beta > 1$, tendrán un riesgo superior a la cartera de mercado (la cual tiene un $\beta = 1$, pues varía al unísono con ella misma) y se denominan agresivos, los activos cuyo β se denominarán defensivos y su riesgo será menor que la cartera de mercado. Por consiguiente, la medida significativa de riesgo de un título es su *riesgo sistemático*. Este concepto se explicará en el siguiente apartado.

Diversificación

A lo largo de la CML podemos identificar todas las combinaciones de riesgo y rendimiento de la cartera de mercado y el activo libre de riesgo, pero no es posible determinar la relación de equilibrio entre el riesgo y el rendimiento para carteras o títulos ineficientes como los puntos B, C, y D de la figura 4.

FIGURA 4



Los títulos C y D tienen el mismo rendimiento esperado que la cartera B (donde B pertenece a la CML) pero son ineficientes porque no están bien diversificados como la cartera de mercado, la cual está en combinación con el activo libre de riesgo para formar la cartera A.

Con el objeto de entender cómo se establece el precio de los activos ineficientes es necesario entender que el riesgo total (varianza) de cualquier activo ineficiente puede dividirse en riesgo diversificable y no diversificable. Debido a que el riesgo específico (diversificable) puede eliminarse sin ningún costo, y considerando que el mercado no ofrece prima por riesgo para evitarlo, sólo el riesgo no diversificable es relevante para fijar el precio de activos ineficientes.

Para conocer el riesgo sistemático de un título se debe aplicar el modelo de mercado desarrollado por SHARPE, el cual, a partir de los rendimientos conocidos del título (como variable dependiente) y del rendimiento de mercado (como variable independiente), obtiene la línea característica del título, representada por:

$$E(R_i) = \alpha + \beta_i E(R_m)$$

donde:

$$R_i = (P_{it} - P_{it-1}) / P_{it}$$

Además

$$\beta_i = \text{COV}(R_i, R_m) / \text{VAR}(R_m)$$

Calculando el riesgo del rendimiento esperado del título i:

$$\sigma^2 = \beta^2 \text{VAR}(R_m) + 2\beta \text{COV}(R_m, e) + \text{VAR}(e)$$

lo que indica que el riesgo de un determinado título depende única y exclusivamente del mercado, ya que β es constante y sólo $\text{VAR}(R_m)$ es variable por lo que al primer término de la ecuación se le llama *riesgo no diversificable o sistemático*.

El otro término, $\text{VAR}(e)$, es denominado *riesgo diversificable o específico*, el cual depende sólo de factores intrínsecos al título y por lo tanto puede eliminarse por medio de una diversificación sin costo, esto es, combinando un alto número de activos dentro de una cartera para que sus términos independientes de error se cancelen entre sí.

Teniendo en cuenta que el riesgo diversificable puede ser anulado y que el rendimiento de un título y/o una cartera depende principalmente del riesgo sistemático, podemos afirmar que el mercado sólo premia el riesgo no diversificable de una inversión y que el riesgo específico (si existe) será asumido gratis.

También, la ecuación del CAPM puede expresarse como:

$$E(R_i) = R_f + \frac{(E(R_m) - R_f) \text{COV}(R_i, R_m)}{\sigma^2(R_m)}$$