

Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Escuela de Sistemas de Información y Auditoría

**VaR como herramienta de Gestión de riesgo en
Compañías de Seguros de Vida**

Seminario para optar al título de Ingeniero en Información y Control de Gestión.

Participantes:

Karen Soledad Álvarez Díaz

Hyon-Soo Kim

Susana Alejandra Relmucao Contreras

Directora del Seminario:

Dra. Liliana Neriz Jara

Verano – 2004

“La propiedad intelectual de este trabajo es del Director del Seminario”

Carta

Agradecimientos

Nuestro mas cordial agradecimiento a nuestra Directora de seminario Srta. Liliana Neriz, quien nos entregó su apoyo incondicional en todo momento, como académico y como persona. “Gracias por ser un excelente guía en esta etapa”

Gracias también al Sr. Francisco Martínez y Claudio Amenabar, pues sin su apoyo e información, no habría sido posible lograr el objetivo de este trabajo.

“En este momento tan especial solo puedo darle la gloria a quien me sostiene cada día, mi Padre Celestial. Quisiera mencionar a mi esposo José Luis y agradecerle su importante y constante motivación y a nuestra hija que viene en camino... A mi papá Fernando, mi mamá Paulina y hermana Nicole, reconocerles su incondicional apoyo. Gracias a todos ustedes por el amor que siempre me han regalado. Los amo!!!.....”

Karen Soledad.

“Agradezco a Dios, a mi padre In-Sung, mi madre Jeong-Hye y a mi hermana Hyon-Kyong por su apoyo y guía en todo mi etapa universitaria. También agradezco a mis amigos, compañeros, profesores y todos aquellos con los cuales compartí, ya que cada uno de ellos me permitió crecer cada día más como persona y como futura profesional.”

Hyon – Soo.

“Primero que todo Gracias a Dios, por permitirme llegar a esta etapa , pero mas que ello, gracias por regalarme la hermosa familia en la que me depositaste para crecer. Papito y Mamita, por compartir conmigo todo los triunfos y sufrimientos, Marcelita por hacerme ver lo importante que es seguir los sueños, Anita por demostrarme que los golpes de la vida nos hacen mas fuerte, Tito por ser mi otra mitad mi complemento, a mis niños Leito, Katy, Ale y Karen por entender a la tía cuando no había tiempo de jugar.....en fin GRACIAS a todos por

enfrentar juntos todo los tropiezos que rodearon la persecución de mis sueños, pues sin ustedes esto no habría sido posible.....Los amo mucho.”

Susana Alejandra.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes Generales del Tema

Producto de la Reforma de Mercado de Capitales, en Chile se comenzó a analizar la importancia de incorporar un sistema de evaluación de riesgo en la pérdida de valor de las carteras de inversión de las Compañías de Seguros a través de Valor en Riesgo (VeR), del término en inglés Value at Risk (VaR).

Este concepto nace de la necesidad de cuantificar con cierto nivel de certeza o significancia el monto de máxima pérdida probable que enfrenta un portafolio de inversión en un momento determinado del tiempo.

La evaluación de manera más precisa del riesgo que enfrentan los portafolios de inversión, es materia de importancia para los inversionistas institucionales, es por ello que se habla de “Administrar la volatilidad de los resultados de una empresa” o bien de realizar continuamente una “Gestión del Riesgo”. Para conseguir este objetivo es imprescindible llevar a cabo lo siguiente:

- Analizar las variables que afectan los resultados obtenidos.
- Determinar cuales de estas variables o los factores que impactan de forma significativa y sistemática los resultados.
- Estudiar el comportamiento aleatorio de cada variable de riesgo.

Las Compañías de Seguros de Vida, debido a la actual normativa de calce, deben tratar de igualar las duraciones de sus activos con las de sus pasivos, por lo que se genera una rotación de sus carteras. Además, estas compañías están sujetas a riesgo de reinversión y de fluctuación de precios en su cartera destinada a la venta.

Las Compañías de Seguros Generales manejan inversiones de mayor liquidez, puesto que continuamente deben hacer frente al pago de siniestros, lo que hace que sus carteras se vean afectadas por el riesgo de valorización por fluctuaciones de mercado.

El punto central es que al tener este instrumento como una normativa de autorregulación para las Compañías de Seguros, tanto Generales como de Vida, traerá consigo una mayor flexibilidad en el manejo de las carteras de inversión y un mayor control de lo que se expone a pérdida en determinado momento.

1.2. Objetivos del Tema

1.2.1. Objetivo General

“Realizar una aplicación práctica, del cálculo de VaR que corresponda a una aproximación a la realidad actual en la industria nacional de Compañías de Seguros de Vida, utilizando para ello una de las herramientas de gestión más innovadoras que ha puesto en aplicación nuestro sistema financiero”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar riesgos que afectan a los instrumentos que componen la cartera de inversión, en que invierte la industria.
- Separar las variables que afectan directa e indirectamente a los instrumentos y con ello determinar los factores de riesgo específico a cada uno de ellos.
- Determinar la varianza de las carteras de inversión, generada por las fluctuaciones del mercado.
- Construir una matriz de covarianza, que recoja la relación de dependencia de estos instrumentos con el mercado y entre ellos.
- Finalmente, con los datos obtenidos, calcular VaR.

1.3. Justificación del tema

El introducir VaR como herramienta de Gestión, permite a cada empresa determinar cuales son los riesgos que puede evitar dentro de cierto margen en forma periódica y sistemática; además, permite definir a la empresa políticas de acción frente a determinadas situaciones, sean éstas favorables o no para la Compañía, puesto que ésta puede modificar sus políticas de inversión, determinando si la cartera de inversión en la que confía sus proyectos asume un riesgo mayor o menor al que está dispuesto a tomar.

1.4. Metodología de trabajo

Para llevar a cabo esta aplicación, es necesario considerar todas las regulaciones existentes respecto al VaR y aquellas que afecten de manera tangencial, tales como las normas que regulan los aspectos del sistema financiero, dictadas por la Superintendencia de Valores y Seguros (S.V.S.), Normas de opinión dictadas por la Asociación de Aseguradores de Chile A.G (AACH) y todas las entidades que regulan la acción de las Compañías de Seguros de Vida.

Esta metodología se divide en cinco etapas:

- a) Determinar los activos que requieren ser medidos para incluirlos en el cálculo del VaR.

El primer objetivo de esta etapa es acotar el rango de investigación, separando entre:

- Seguros de Rentas Vitalicias
- Seguros de Vida con cuenta de Inversión

El segundo objetivo de esta etapa es identificar:

- Horizonte de cálculo de VaR.
- Determinar volatilidad y correlación de los instrumentos analizados.
- Asignar un nivel de confianza al cálculo.
- Definir en qué moneda se referencia el cálculo.

- b) Valorizar a Mercado la cartera incluida en el cálculo del VaR.

Para lograr este objetivo, es imprescindible identificar los tipos de instrumentos de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Instrumentos de Renta Fija (IRF.)
- Instrumentos de Renta Variable (IRV.)
- Instrumentos Extranjeros.

- c) Asignar los instrumentos de la cartera a los Vértices de Riesgo

El objetivo de esta asignación, es que los flujos de los instrumentos involucrados en la evaluación puedan utilizar volatilidades y correlaciones que se calculan de manera periódica.

- d) Formar la Matriz de Varianza y Covarianza que reúne la información del mercado financiero nacional e internacional.

La idea principal de ello es reunir información de todos los mercados y determinar así una matriz de correlación entre los distintos vértices de riesgo identificados.

Para alcanzar este propósito, se siguen los siguientes pasos:

- Elaborar una base de datos única con los instrumentos financieros identificados.

- Asignar la moneda a cada tipo de activo.
 - Asignar correctamente los activos a los vértices de riesgo.
- e) Calcular el VaR.

El objetivo principal de esta etapa es obtener a través de la aplicación de VaR un valor que permita evaluar el desempeño de los inversionistas institucionales, de las políticas de inversión de la empresa y la Gestión de las carteras de inversión de la Compañía.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Valor en Riesgo (VeR)

El Valor en Riesgo (VeR), según Aragonés y Blanco (2000.), es un modelo que permite calcular la máxima pérdida probable que los instrumentos de inversión le pueden generar a una empresa, en un determinado período de tiempo y con un margen de confianza exigido.

El VaR nació en Estados Unidos en la década de los 80's, siendo utilizado por importantes Bancos en el manejo del mercado de derivados. El nacimiento de los derivados presentó un importante cambio en la administración de los riesgos de las inversiones, ya que las tradicionales mediciones de exposición eran inadecuadas. Por ejemplo, dos contratos de derivados con el mismo "valor" pueden tener riesgos diferentes. Con el desarrollo del VaR, los bancos utilizaron una medida común de pérdida económica que puede igualar riesgos de diferentes productos y así agregar riesgo al portfolio base.

Para el cálculo del VaR se pueden utilizar tres metodologías:

- Método Paramétrico.
- Simulación Histórica.
- Simulación de Montecarlo.

Un importante punto para tener presente es que si se tiene una significativa cantidad de exposiciones no lineales en un portfolio, una simulación que reevalúa posiciones generalmente es más exacta que una aproximación paramétrica para estimar el VaR, sin embargo esto obviamente tiene un mayor costo y complejidad.

Es relevante recalcar que estos tres métodos para medir el VaR, están limitados por supuestos teóricos: el riesgo futuro puede ser medido por el comportamiento histórico de los retornos; el método paramétrico, asume que los retornos se distribuyen como una normal, esto implica que este método

muestra grandes pérdidas en días que normalmente debieran ser poco rentables; la simulación de MonteCarlo, a pesar que debiera ser más exacta al producir una estimación para la entera distribución de probabilidades de valores del portfolio y no sólo una medida de riesgo, la volatilidad y correlación predecida se siguen basando en la estadística propia de los retornos históricos; y por último, la simulación histórica implícitamente supone que la misma distribución de los retornos pasados se repetirá en el futuro.

Para calcular VaR es necesario definir tres parámetros básicos:

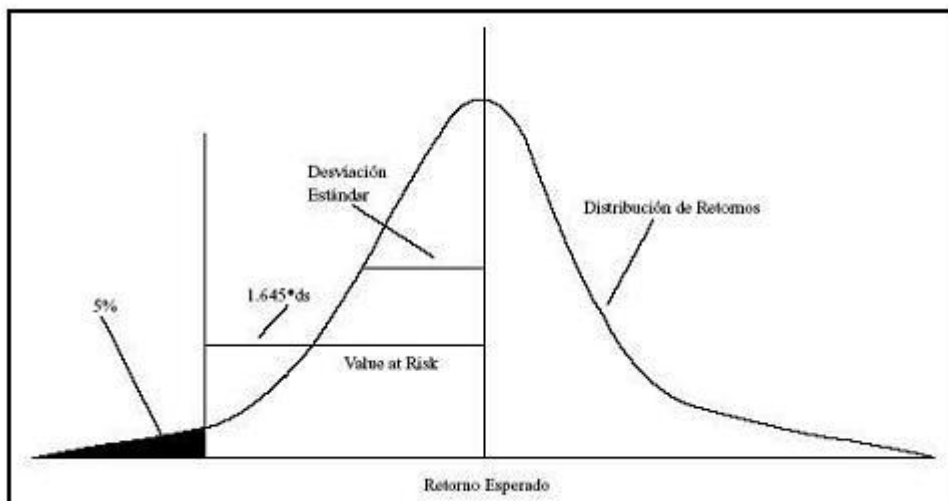
- Nivel de Confianza
- Horizonte de Proyección
- Moneda Base

Por ejemplo, si se supone un 95% de nivel de confianza en un horizonte de 1 día, un VaR de \$10 millones significa que, en promedio, sólo un día de 20 se podrá esperar una pérdida de más de \$10 millones por las fluctuaciones del mercado.

Dicho de otra manera, “existe un 5% de probabilidad que dentro de un día se pueda perder una parte del valor de la cartera valorizada al día de hoy”. Esta parte del valor de la cartera que se puede perder, según esta afirmación, es la máxima pérdida que se está dispuesto a asumir.

Si el valor encontrado está dentro de las pérdidas ya predefinidas en las políticas financieras, significa que el riesgo es menor o igual al valor de máxima pérdida adoptada. Contrariamente, si el valor encontrado excede a los valores asumidos como máxima pérdida, entonces se deben hacer correcciones para circunscribir la pérdida potencial por valores menores, los valores estimados como pérdida máxima adoptada, tal como la Figura N°1 ilustra en una representación gráfica del VAR

Figura N° 1 Representación Grafica de Value at Risk



2.2. Riesgo financiero

El VaR como herramienta de medición y gestión de riesgo debe cumplir con distintos propósitos dependiendo del riesgo financiero.

2.2.1. Clasificación de Riesgo Financiero

Los riesgos financieros son clasificados dentro de las amplias categorías de:

- Riesgo de mercado
- Riesgo de crédito
- Riesgo de liquidez
- Riesgo Operacional
- Riesgo legal

2.2.1.1. Riesgo de mercado

Los riesgos de mercado aparecen con los cambios en los precios de los bienes y obligaciones financieras (o volatilidades) y son medidos por cambios en el valor de la rentabilidad de los instrumentos financieros.

El riesgo de mercado puede tomar dos formas: riesgo absoluto que se centra en la volatilidad de la totalidad de la renta y que es medido por el potencial de pérdida en términos de dólar, UF o de la moneda relevante y el riesgo relativo (relacionados a un benchmark o índice de mercado) que mide el riesgo en términos de error rastreado o por desviación del índice. Adicionalmente a las medidas de riesgo lineales, el VaR puede también capturar riesgo base, riesgo gamma y puede extenderse fácilmente a riesgo relativo.

El propósito fundamental de los sistemas VaR es el cuantificar el riesgo de mercado. Idealmente, tales sistemas deberían ser estructurados para permitir tomar acciones correctivas rápidas en caso de pérdida por exposiciones no usuales.

2.2.1.2. Riesgo de crédito

Los riesgos de crédito aparecen cuando las partes no están dispuestas o son incapaces de cumplir con sus obligaciones contractuales. Su efecto es medido por el costo de reemplazo de los flujos de caja, si

la otra parte cae en incumplimiento. El riesgo de crédito puede también conducir a pérdidas cuando los deudores son degradados por las agencias de crédito, usualmente conduciendo a una caída del valor de mercado de sus obligaciones.

Nótese que las pérdidas potenciales de derivados, si la contraparte cae en incumplimiento, son mucho menores que el valor expuesto (valor nominal). Por otra parte, la pérdida es el cambio en el valor de la posición, si es positiva cuando el incumplimiento ocurre. Por el contrario, los bancos corporativos y préstamos bancarios son expuestos a la pérdida de la totalidad del valor nominal.

El riesgo de crédito también incluye el riesgo soberano. Esto ocurre, por ejemplo, cuando los países imponen controles de cambio que hacen imposible a las contrapartes cumplir sus obligaciones.

El riesgo de crédito toma la forma de riesgo de pre-establecimiento y riesgo de establecimiento. El último se refiere a la posibilidad que una contraparte pueda caer en incumplimiento de un contrato después que una parte haya hecho su pago.

El manejo de riesgo de crédito tiene aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. No obstante que los métodos VaR manejan los riesgos de mercado, se ha podido mostrar a través de simulaciones, que el VaR también puede ser usado para calibrar riesgo de crédito.

2.2.1.3. Riesgo de liquidez

El riesgo de liquidez tiene dos formas: liquidez producto/mercado y flujo de caja/funfing. El primer tipo surge cuando una transacción no puede ser concretada en un mercado de precios prevaleciente, debido a una insuficiente actividad de mercado. El riesgo de liquidez, sin embargo, puede ser difícil de cuantificar y puede variar a través de las condiciones del mercado. El riesgo de liquidez producto/mercado puede ser manejado fijando límites en ciertos mercados o productos y por medio de la diversificación. No obstante, los riesgos de liquidez no pueden ser formalmente incluidos en las medidas VaR, la determinación de los periodos de liquidez es muy relevante en la selección del horizonte de medidas VaR.

El segundo tipo de riesgo se refiere a la incapacidad de satisfacer las obligaciones de flujo de caja, lo que puede forzar a una liquidación anticipada transformando pérdidas de “papel” en pérdida efectiva. El riesgo de capitalización puede ser controlado mediante una planificación apropiada de los flujos de caja requeridos, la que puede ser controlada a través de la fijación de límites a las brechas en el flujo de caja y la diversificación, como en el caso anterior.

La liquidez está relacionada también, con el horizonte de valores de la cartera del inversionista. Las condiciones de mercado pueden prevenir la inmediata liquidación de una inversión. La falta de

liquidez hace que los precios estén temporalmente bajos para la obligación anterior. Si la condición es temporal, el inversionista podría esperar hasta que los precios de mercado se recuperen a niveles cercanos a los teóricos, en tal situación, la falta de liquidez es una molestia menor. Sin embargo, para un inversionista en apuros, tales como aquellos que venden debido a la necesidad de tener efectivo para un requerimiento de pago respecto de una garantía, la falta de liquidez puede ser fatal.

2.2.1.4. Riesgo operacional

El riesgo operacional se refiere a pérdidas potenciales como resultado de sistemas inadecuados, fracasos gerenciales, controles defectuosos, problemas de sistemas tecnológicos, fraudes o error humano. Este incluye el riesgo de ejecución, que abarca situaciones en que la transacción “falla” y no puede ser ejecutada, lo que a veces conduce a costosas demoras, o algún problema con las operaciones en el Back-Office que afecta el registro de las transacciones y la conciliación de transacciones individuales que se suman a la posición de la empresa.

El riesgo operacional también incluye fraude, situación en la cual el negociante falsifica información intencionalmente, y riesgo tecnológico, que se refiere a la necesidad de proteger sistemas desde un acceso no autorizado y al manejo indebido. Otros ejemplos son las fallas de sistemas, las pérdidas debido a desastres naturales o accidentes que comprometen a individuos claves para ellos. La mejor protección contra los riesgos operacionales consiste en el refuerzo de los sistemas, una clara separación de responsabilidades con fuertes controles internos y sostenidos, además de un plan de contingencia adecuado.

La valorización de una emisión también crea potenciales problemas operacionales. El riesgo del modelo es el peligro que tiene un modelo empleado de ser defectuosos para valorar posiciones. Los operadores que usan modelos convencionales de valorización opcional, por ejemplo, podrían estar expuestos al riesgo del modelo, si éste es especificado erróneamente o sus parámetros son erróneos.

Desgraciadamente, el riesgo del modelo es engañoso. Para valorar este riesgo se requiere un conocimiento claro del proceso de modelación. Para protegerse de este riesgo, los modelos deben estar sujetos a una evaluación independiente, empleando precios de mercado cuando se encuentran disponibles, u objetivamente mediante evaluaciones de muestras.

2.2.1.5. Riesgos legales

Los riesgos legales surgen cuando una contraparte no tiene la autoridad legal reglamentaria para comprometer una transacción. Estos pueden tomar la forma de un pleito entre accionistas contra la empresa que sufre la pérdidas, el cual impone una demanda contra las ejecutivos de al empresa. El riesgo legal está directamente relacionado con el riesgo de crédito.

Los riesgos legales también incluyen el incumplimiento y riesgo reglamentario, que comprende actividades que pueden contravenir reglamentos gubernamentales, tales como manipulación del mercado, información privilegiada y conflicto de intereses. El marco reglamentario, sin embargo, varía en forma amplia a través de países y aún dentro de un país puede estar sujeto a cambios y diferencias de interpretación. Una mala interpretación de los reglamentos puede conducir a multas. El riesgo reglamentario se manifiesta asimismo en acciones impositivas, interpretación, etc.

2.2.2. Fuentes de riesgo financiero

No obstante que en el lenguaje moderno el término riesgo ha llegado a significar “peligro de pérdida”, la teoría de finanzas define “riesgo” como la dispersión de egresos inesperados debido a movimientos inesperados de variables financieras. De este modo, ambas desviaciones, positivas y negativas, deben observarse como fuentes de riesgo, debido al grado de inseguridad generada sobre los retornos netos futuros. Innumerables inversionistas han errado este punto, ya que no pudieron darse cuenta que el desempeño brillante de los traders, realmente han reflejado mayores riesgo. Ante tales extraordinarios desempeños, buenos y malos, se debe llamar a una alerta.

En la práctica, para medir riesgos formalmente hay que definir las variables de interés, que pueden ser valores de portfolio, utilidades, capital o un flujo de caja particular. Los riesgos financieros son creados por los efectos de factores financieros en esta variable.

En términos amplios, existen cuatro tipos diferentes de fuentes de riesgo financiero:

- Riesgo de tasa de interés
- Riesgo de tasa de cambio
- Riesgo de patrimonio (equity risk)
- Riesgo de mercancía (commodity risk)

Las herramientas analíticas básicas se aplican a todos estos mercados. El riesgo es medido por la desviación estándar de resultados inesperados, o “sigma”, también llamada volatilidad.

Las pérdidas pueden ocurrir a través de la combinación de dos factores: la volatilidad en la variable financiera implícita y la exposición a esta fuente de riesgo.

Si bien las corporaciones no tienen control en la volatilidad de las variables financieras, ellas pueden ajustar su exposición a estos riesgos; por ejemplo, a través de derivados. El VaR captura el efecto combinado de la volatilidad explícita y la exposición a riesgo financieros.

Las medidas de la exposición lineal a variaciones en las variables de riesgo explícito aparecen por todas partes bajo diferentes apariencias. En el mercado de renta fija, la exposición a variaciones en tasas de interés es llamada duration (duración). En el mercado de la bolsa, esta exposición es llamada riesgo sistemático, o beta, en los mercados de derivados la exposición a movimientos en el valor de los activos explícitos es llamada delta. Las segundas derivadas son llamadas convexidad y gamma en los mercados de renta fija y mercados de derivados, respectivamente. La convexidad mide el cambio en la duración, en la medida que cambia la tasa de interés; del mismo modo, gamma mide el cambio en delta, en la medida que el precio implícito cambia.

Se ha argumentado que el creciente interés en el manejo de riesgo fue parcialmente provocado por el aumento de la volatilidad en las variables financieras, sin embargo, esto entrega sólo una visión indirecta del riesgo. El riesgo puede ser medido en forma más precisa por la volatilidad de corto plazo. El término del sistema de tasa fija de cambio se ha sumado los riesgos financieros.

La volatilidad ocurre debido a grandes cambios de precios inesperados, ya sean positivos o negativos. Este tratamiento sistemático es lógico, ya que los participantes en estos mercados pueden ser grandes o pequeños, nacionales o extranjeros, consumidores o productores. En conjunto, la volatilidad de los mercados financieros crea riesgo y oportunidades que se deben medir y controlar.

2.2.3. Administración de riesgo financiero

La incontrolada volatilidad ha creado un nuevo campo en finanzas, la ingeniería financiera, que persigue proporcionar modos creativos para protegerse o especular en riesgo financieros, a través del uso de derivados.

Estos derivados brindan un mecanismo por medio del cual las instituciones financieras pueden cubrirse eficientemente de los riesgos financieros. El cubrirse contra los riesgos financieros es similar a la contratación de seguros; brinda un seguro contra los efectos adversos de variables sobre las cuales los negocios o países no tienen control. El otro lado de la cobertura, es que algunas de las contrapartes pueden ser especuladores, que dan liquidez al mercado con la esperanza de hacer utilidades en sus transacciones. De este modo, el riesgo ha engendrado los derivados, y una de las herramientas para medir el riesgo que provoca el uso de ellos es el VaR.

La gestión de riesgos se remonta a la década de los setenta con el análisis de GAP. Dicho análisis refleja la exposición al riesgo de tasas de interés como la diferencia entre activos y pasivos para tramos de madurez. Este análisis es una pobre herramienta de control de riesgo ya que:

- Asume todos los instrumentos que vencen en el mismo plazo dentro de cada tramo.

- No diferencia entre instrumento, es decir, no toma en cuenta elemento como cupones y opciones implícitas. No toma en cuenta la volatilidad de las tasas.

En la década de los ochenta el elemento de moda en la gestión de riesgo fue una utilización de sensibilidad como la duración (renta fija), betas (acciones) y greeks (instrumentos derivados).

La duración se define como la elasticidad del precio de un instrumento de renta fija (IRF) con respecto a su tasa interna de retorno (TIR). Esta medida de riesgo busca cuantificar la exposición al riesgo de tasa del instrumento en cuestión.

Si bien la duración representa una mejor aproximación que el análisis GAP no deja de tener defectos, entre los cuales se tienen:

- No toma en cuenta las diferentes tasas de diferentes activos.
- Asume los movimientos paralelos de la estructura de tasas.
- No toma en cuenta las opciones implícitas.
- No toma en consideración la volatilidad de las tasas.

Por otro lado, está el beta que mide el riesgo como la sensibilidad de un activo con el mercado, a través de la correlación del mismo con el portfolio de mercado, o una proxy de éste.

Luego la utilización del beta como herramienta en la administración de riesgo presenta los siguientes problemas:

- No toma en cuenta las características específicas de cada compañía (asume que este riesgo se elimina a cero costo a través de la diversificación, por lo tanto, en equilibrio no debiese existir un pago por este riesgo)
- Dado lo anterior no considera las volatilidades, las cuales tienen implícito tanto el riesgo sistemático como el no sistemático (diversificado).

Un problema adicional que genera la utilización de la duración y el beta como medida de riesgo es la imposibilidad de realizar un análisis comparativo entre la información que cada uno entrega.

En los 90's aparece una nueva herramienta en la gestión de riesgos, conocida como Value at Risk (VaR). Este concepto se define como la mayor pérdida esperada con cierta frecuencia predeterminada.

Las ventajas del VaR sobre otros instrumentos son:

- Toma en cuenta los factores de riesgo que subyacen el comportamiento del precio de los activos.
- Toma en cuenta características específicas de cada instrumento.
- Entrega una medida estándar para las distintas clases de riesgo.

3. VALOR EN RIESGO

Value at Risk es un concepto desarrollado para la gestión de riesgo, el cual indica el nivel de pérdida que se sitúa entre los z (%) peores resultados esperados y los $1-z$ (%) mejores resultados esperados en un período de tiempo determinado.

Conceptualmente, el VaR es un intento de cuantificar el riesgo que están dispuestos a enfrentar las instituciones, frente a las inversiones que éstas realizan.

El objeto del análisis de VaR es estimar la mayor pérdida esperada a un nivel de confianza determinado en situaciones normales, excluyendo situaciones excepcionales, que se espera, se sitúen fuera del intervalo de confianza deseado.

Es importante puntualizar que el objetivo del análisis de VaR es construir la distribución de pérdidas y ganancias esperadas de la cartera, incorporando toda la información posible respecto al comportamiento de los mercados en el futuro y la composición presente de la cartera.

Según se expone, este cálculo no depende únicamente de estos parámetros, sino también de los activos que componen la cartera y, en especial, la existencia de derivados.

La medida VaR resume en una única cifra el riesgo de la cartera y la probabilidad de que se produzca un movimiento adverso de la misma. Después de conocer el VaR el gestor puede decidir si considera adecuado el nivel de riesgo de la cartera o si es excesivo, decidir qué activos retirar de la cartera para reducir el riesgo de la misma y, además, puede conocer el riesgo incremental que significa la contribución de cada componente de la cartera al riesgo total, ofreciendo una aproximación del riesgo de la cartera basada en los supuestos que tratan de simplificar la compleja realidad para poder analizarla con más detalle.

Los parámetros para determinar el VaR son:

- Horizonte temporal
- Nivel del intervalo de confianza
- Moneda de referencia

Horizonte Temporal

El parámetro básico del VaR es el horizonte temporal o periodo de tiempo para el que se intenta estimar la pérdida potencial de la cartera.

El gestor puede estar interesado en conocer las posibles pérdidas de su cartera en un horizonte temporal de 1 día, una semana, un mes, etc, para obtener una mayor información de su cartera a corto y largo plazo.

El plazo que se debe tener en cuenta para medir el riesgo depende de las características del inversor y del tiempo necesario para liquidar o neutralizar (cubrir) la posición cuando se pretende eliminar el riesgo asumido en un principio.

Para el cálculo de VaR se emplea el supuesto que la composición de la cartera va a ser constante durante el horizonte temporal.

Nivel del intervalo de confianza del VaR

La elección del nivel de confianza de la predicción depende del uso que se pretende hacer y del gestor.

Como en el caso de este trabajo, si el VaR se utiliza para evaluar riesgo de distintas carteras o mercados, la elección del intervalo de confianza de la predicción es mas subjetiva. Según Hendricks (1996) citado en Aragonés y Blanco (2000), la mayoría de los gestores utilizan niveles de confianza entre el 95 y el 99 por 100; la elección de un intervalo, mayor o menor, no dice relación, con lo conservador del gestor o el riesgo implícito de cada cartera.

Bajo este contexto, es importante advertir que, el grado de significación de los intervalos también juega un papel importante, porque cuanto más extremo es el nivel de confianza, menor es la significación estadística del VaR, es decir, es más difícil estimar que rentabilidad se va a situar fuera de ese intervalo de confianza.

Moneda de referencia

La elección de la moneda de referencia, determina qué inversiones se consideran en moneda extranjera y cuáles no, introduciendo así, el riesgo de tipo de cambio. Las volatilidades y correlaciones deberán ser recalculadas dependiendo de la moneda de referencia.

3.1. Estimación de las volatilidades y correlaciones VaR

Para el cálculo del VaR es necesario estimar la variabilidad esperada de cada uno de los factores de riesgo, denominados volatilidad y su variación de forma conjunta, correlación.

Pero, antes es necesario definir la base estadística de las series utilizadas para calcular volatilidades y correlaciones en el análisis.

Se define como:

P_t : Precio del activo en el período t.

p_t : Logaritmo natural del precio del activo en el período t, es decir,

$$p_t = \ln (P_t).$$

R_t : Tasa de variación porcentual en el período t, $R_t = \frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}}$.

r_t : Tasa de variación logarítmica en el período t, $r_t = \ln (P_t) - \ln (P_{t-1})$

σ_t : Predicción de la volatilidad de la rentabilidad logarítmica para el período t+1

i_t : Tipo de interés en el período t

μ : Rentabilidad media para un período concreto.

La hipótesis en que se basa el análisis, es que los precios siguen una distribución lognormal, tal que:

$$\ln(P_t) = \mu + \ln(P_{t-1}) + \sigma \varepsilon_t \quad (3.1)$$

Donde:

μ y σ : son parámetros fijos

$\varepsilon_t \sim N(0,1)$: es decir, ε_t es una variable aleatoria obtenida de una distribución normal con media cero y desviación estándar uno.

Si se supone que $\mu = 0$ (la media de las rentabilidades es cero) y se permite que la varianza σ , varíe a través del tiempo, ordenando los términos, se obtiene el modelo:

$$r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = \sigma_t \varepsilon_t \quad (3.2)$$

De acuerdo a este modelo, los cambios de los logaritmos de los precios están determinados por una distribución normal con un parámetro variable en el tiempo σ_t . Esta hipótesis ofrece un marco en el cual llevar a cabo los cálculos del parámetro variable en el tiempo σ_t .

Trabajar con rentabilidades continuas tiene una serie de ventajas importantes, entre las que se pueden destacar que para anualizar la rentabilidad continua diaria, semanal o mensual, solamente hay que multiplicar por una constante n, esto es:

$$R_{\text{anual}} = R_c \times n \quad (3.3)$$

Donde:

n : es el número de periodos en un año en los que está expresado la rentabilidad continua. R_c

Para calcular la varianza de un índice de mercado o activo financiero hay que hacerlo con la serie de rentabilidad y no con los niveles del índice o precios del activo, pues las series de precios o niveles del índice no son estacionarias.

Las series de rentabilidades son en su mayor parte estacionarias en el sentido que tiene media y varianza finita.

Para aprovechar estas hipótesis, primero se deben convertir las series de precios originales a series de cambios logarítmicas para así obtener rentabilidad continua.

3.1.1. Volatilidad

La volatilidad de un activo financiero, intenta cuantificar cual es la variabilidad esperada de ese activo.

Existen varias formas de estimar la volatilidad:

- Métodos basados en el análisis de series históricas
- Métodos basados en la volatilidad implícita de las opciones sobre ciertos activos
- Métodos cualitativos

La volatilidad histórica indica cual ha sido la variabilidad de dicho activo en el pasado. No se puede hablar de una única medida de volatilidad histórica, ya que es necesario especificar una serie de parámetros a la hora de estimar dicha volatilidad.

La volatilidad histórica de los rendimientos de un activo X, expresado a través de su desviación estándar, se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2} \quad (3.4)$$

Donde:

σ_x : Es la desviación estándar de la serie anualizada

r_t : Es la rentabilidad ad entre el periodo t y $t-1$

\bar{r} : Es la rentabilidad ad media de la serie

n : Es el número de observaciones de la muestra

Es importante puntualizar que la volatilidad es únicamente una medida estadística de la dispersión de la distribución esperada de las rentabilidades de un activo, puesto que a mayor variabilidad, mayor es la dispersión de la distribución de las rentabilidades esperadas y viceversa.

Si se utiliza el supuesto que los rendimientos del activo financiero X siguen una distribución normal y se conoce la media de la distribución y la desviación típica, se puede establecer la probabilidad de que el precio del activo se mantenga dentro de una banda teórica determinada. En mercados financieros, se supone que la media de la distribución es el precio del activo en el momento actual, por lo tanto, si se conoce la desviación típica de los rendimientos del activo, es posible establecer la probabilidad de que el precio del activo se mantenga dentro de unos márgenes delimitados.

La volatilidad depende de la frecuencia de la muestra de los rendimientos, es decir, si los rendimientos son diarios, la estimación de la volatilidad será también diaria. La variabilidad esperada del valor de una cartera será mayor para horizontes temporales mayores.

El método cualitativo estima una matriz de varianzas-covarianzas a través de juicios cualitativos, es decir, no se basa únicamente en información histórica, sino que realiza predicciones después de analizar la información económica, contables y financiera disponible.

3.1.2. Correlaciones

Una de las razones básicas para invertir en distintos mercados es aprovechar las bajas correlaciones, es decir, diversificar el riesgo¹ global de una cartera.

¹ La diversificación consiste en encontrar, activos o mercados cuya evolución no sea paralela, y que fluctuaciones en uno de los activos no se traduzca en fluctuaciones, en el mismo sentido para la otra cartera, ya que si esto ocurre, se generan pérdidas en todo los

En la práctica, la mayoría de activos se encuentran positivamente relacionados, especialmente los que pertenecen a un mismo mercado o sector de actividad. Si un gestor de inversiones consigue encontrar activos que ofrezcan una alta rentabilidad y que, al mismo tiempo, no estén correlacionados, se puede conseguir aumentar la rentabilidad de la cartera sin por ello incurrir en un mayor riesgo.

El coeficiente de correlación es una medida estadística de la interdependencia entre dos activos. El coeficiente de correlación puede tomar valores entre -1 y $+1$, ambos inclusive. Si el coeficiente de correlación es igual a $+1$, quiere decir que ambos activos se mueven conjuntamente y existe correlación positiva perfecta.

Si el coeficiente de correlación es igual a -1 , significa que los activos se mueven en direcciones opuestas, y se dice que existe correlación negativa perfecta. Si el coeficiente de correlación entre dos variables es igual a cero, supone que los cambios en uno de los activos son independientes de los cambios en el otro y viceversa.

Para calcular la correlación entre dos series es necesario hacerlo a partir de las series de rentabilidad, al igual que para calcular la volatilidad de un índice o activo financiero.

El riesgo de una cartera no se puede calcular directamente sumando el riesgo individual de los activos que la componen, debido a que se tiene que considerar que los distintos activos de la cartera no se mueven al mismo tiempo y, por tanto, si sumamos el riesgo individual de cada activo para calcular el riesgo global, se estaría sobreestimando el riesgo real. Introducir la correlación entre los distintos activos en el análisis del riesgo, permite conocer el riesgo global de la cartera. La estructura de correlaciones entre los distintos componentes de la cartera mide la tendencia de los activos a moverse conjuntamente.

Para definir el coeficiente de correlación, es necesario fijar una serie de parámetros, los cuales son: la frecuencia de la serie de rentabilidades, diarias, mensuales, entre otros, y el período muestral utilizado para el cálculo del coeficiente de correlación. La correlación entre distintos activos a lo largo del tiempo se caracteriza por presentar un alto grado de inestabilidad y, por lo tanto, es necesario analizar la evolución del coeficiente de correlación para distintos períodos y, si es posible, con distintas frecuencias muestrales dependiendo del horizonte del inversor.

La correlación no necesita ser anualizada, ya que se expresa en la unidad de tiempo de las series utilizadas para su cálculo. Es importante señalar que la correlación sólo ofrece una medida de la covarianza de las series de rentabilidades de dos activos. Debido a las limitaciones que supone el uso

activos de la cartera, sufriendo reducciones en el precio, al mismo tiempo, según Aragonés y Blanco (2000).

de series históricas, para estimar relaciones a largo plazo es necesario utilizar técnicas de análisis de series temporales más complejas.

3.1.3. Cálculo de volatilidad y correlación

Para determinar la volatilidad de una variable y su correlación con otra, se debe tener, información sobre las cotizaciones de una empresa en un período dado o bien una serie de datos al respecto.

En primer lugar, se calculan las rentabilidades continuas diarias de cada serie y se estima la media de las rentabilidades de cada serie, por ejemplo:

$$r_{1,t} = \ln\left(\frac{IGPA_t}{IGPA_{t-1}}\right) \quad r_{2,t} = \ln\left(\frac{PESO/USD_t}{PESO/USD_{t-1}}\right) \quad (3.5)$$

$$\mu_1 = \frac{\sum r_{1,t}}{N} \quad \mu_2 = \frac{\sum r_{2,t}}{N} \quad (3.6)$$

Donde

μ_i : es la Media de las rentabilidades

$r_{i,t}$: Rentabilidad continua del activo i, en el período t.

En segundo lugar se debe calcular la varianza, σ_i^2 de cada una de las series.

$$\sigma_1^2 = \frac{\sum (r_{1,t} - \mu_1)^2}{N-1} \quad \sigma_2^2 = \frac{\sum (r_{2,t} - \mu_2)^2}{N-1} \quad (3.7)$$

En tercer lugar, se calcula la covarianza $\sigma_{1,2}$, a través del producto cruzado de las series de rentabilidades para cada periodo.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum (r_{1,t} - \mu_1)(r_{2,t} - \mu_2)}{N-1} \quad (3.8)$$

Finalmente, se calcula el coeficiente de correlación $\rho_{1,2}$ dividiendo la covarianza entre el producto de las desviaciones estándares de los rendimientos de cada serie.

$$\rho_{1,2} = \frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_1 \times \sigma_2} \quad (3.9)$$

El coeficiente de correlación puede ser poco fiable en presencia de datos atípicos (fuertes caídas o subidas en la muestra), o en el supuesto que exista una relación no lineal. Para resolver este problema es importante inspeccionar los datos de la muestra y comprobar las dispersiones extremas, algunos analistas y gestores de riesgo optan por retirarlas del análisis debido al error que introducen en los estimadores.

Hay que recordar que la correlación mide el grado de relación entre dos variables, pero no significa que exista una relación de causalidad entre ellas.

3.1.3.1. Método de media móvil simple

El método de media móvil simple para estimar varianzas, covarianzas y correlaciones de las series de rentabilidades se basa en variar la muestra utilizada para estimar volatilidades y correlaciones de forma que el número de observaciones permanece constante y conforme se introduce una nueva observación en la muestra, se elimina aquella con más antigüedad de la muestra.

Se recomienda que las predicciones para el horizonte temporal deseado se lleven a cabo aplicando la regla de la raíz cuadrada del tiempo. Esta regla se basa en que las rentabilidades logarítmicas son independientes y se distribuyen de forma independiente, idéntica y siguiendo la distribución normal.

Según Alexander, C (1996) citado por Aragonés y Blanco (2000), los principales problemas a los que es necesario hacer frente son:

- Movimientos “fantasma” en las series
- Error Muestral
- Ignorancia del orden de las rentabilidades en el tiempo

Movimientos “fantasma” en las series

Cuando se producen movimientos extremos en las cotizaciones, implica que la media móvil se calcula teniendo en cuenta dicha observación durante tantos meses, como se utilizan para calcular la media móvil. Cuando esa observación desaparezca de la muestra utilizada para el cálculo, se va a producir

una fuerte caída de la volatilidad sin que nada ocurra en el mercado y, por lo tanto, podemos denominar dicha caída como un movimiento “fantasma”.

Si se produce una rentabilidad extrema, hará que los estimadores de la volatilidad sean altos durante un año, desde que se produce dicha observación. Una vez transcurrido el año, cuando dicha rentabilidad extrema abandone la ventana muestral, se produce una caída en la volatilidad sin motivo justificado.

Error muestral

Al calcular la volatilidad histórica, y posteriormente las series de correlación, las variaciones se producen en función de la selección del período muestral: de este modo se está estimando la varianza incondicional de la serie completa, que es una constante, de modo que si se hace utilizando menos observaciones se obtiene un estimador menos preciso que tiende a variar más que si se utiliza un periodo muestral mayor.

Ignorancia del orden de las rentabilidades en el tiempo

A la hora de calcular cada punto de las series de volatilidad, si se cambia el orden de las observaciones dentro del período, se obtiene el mismo resultado. Por lo tanto, el modelo no tiene en cuenta las propiedades dinámicas de las series históricas. Este problema se puede solucionar a través del uso de los modelos de la familia Garch que se analiza más adelante.

3.1.3.2. Método de media móvil exponencial ponderada (MMEP)

El método de media móvil exponencial ponderada (MMEP) es un proceso para calcular predicciones de volatilidad en el que se pondera cada observación de una serie temporal de forma diferente. Existen varias razones para ello. Debido a que se supone que la volatilidad cambia a lo largo del tiempo, es natural suponer que las observaciones más recientes tienen mayor importancia a la hora de determinar la volatilidad que las observaciones más antiguas. Asimismo, se desea que fuertes cambios en las predicciones se produzcan sólo debido a fuertes cambios en el mercado. Si el mercado experimenta un movimiento brusco, en un principio se quiere que esté incluido en la estimación de los próximos días, pero también se busca que la importancia de dicho acontecimiento concreto vaya disminuyendo conforme pasa el tiempo. La media móvil exponencial suaviza el impacto de grandes oscilaciones en el mercado, evitando que se produzcan cambios injustificados en las predicciones del modelo.

Considérese una serie temporal de rentabilidades, r_t , obtenidas a partir de una serie de precios a través del método expuesto anteriormente, P_t . La volatilidad o desviación estándar de la rentabilidad condicional, se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{i=1}^t \lambda^{i-1} (r_t - \bar{r})^2} \quad (3.10)$$

Donde

σ : Desviación estándar de la rentabilidad.

r_t : Rentabilidad del período t.

\bar{r} : Rentabilidad media.

λ : Factor de decadencia o declinación.

Uno de los supuestos de la metodología de Riskmetrics² es que la rentabilidad media esperada es igual a cero. La predicción de la volatilidad condicional se puede calcular de forma recurrente con la siguiente formula:

$$\sigma_{1,t+1} = \sqrt{\lambda \sigma_{1,t}^2 + (1-\lambda) r_{1,t}^2} \quad (3.11)$$

Donde

$\sigma_{1,t+1}$: Desviación estándar condicional en el período $t+1$, utilizando para su cálculo la información disponible en t.

$\sigma_{1,t}$: Desviación estándar condicional en el período t, utilizando para su cálculo la información disponible en t-1.

² Riskmetrics, corresponde a una metodología para el cálculo de VaR, que puso a disposición del público el Banco de Inversión norteamericano. Para mayor información, véase www.jpmorgan.com

$r_{1,t}^2$: Rentabilidad en el período anterior al cálculo de la desviación estándar condicional, elevada al cuadrado.

λ : Factor de decadencia constante.

De la misma forma, la varianza se expresa de la siguiente forma:

$$\sigma_{t+1}^2 = \lambda \sigma_{1,t,t-1}^2 + (1-\lambda)r_{1,t}^2 \quad (3.12)$$

Donde

σ_{t+1}^2 : Varianza condicional del período $t+1$.

$\sigma_{1,t,t-1}^2$: Varianza condicional del período $t-1$.

Como se observa, en la fórmula de la varianza condicional en el período $t+1$, tiene dos componentes, en primer lugar, la varianza condicional en el período anterior multiplicada por una constante λ , y, en segundo lugar, la rentabilidad elevada al cuadrado del período anterior, ponderada por el coeficiente $(1-\lambda)$. Por lo tanto, cuanto mayor es λ , mayor es el peso que se da a la varianza condicional del período anterior y menor el dado a la rentabilidad al cuadrado del período anterior.

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{-1}^t \lambda^{-1} (r_t - \bar{r})^2} \quad (3.13)$$

Donde la rentabilidad media se supone igual a cero.

A partir de la primera observación se utiliza el método recurrente:

$$\sigma_{1,t+1,t} = \sqrt{\lambda \sigma_{1,t,t-1}^2 + (1-\lambda)r_{1,t}^2} \quad (3.14)$$

Predicción del coeficiente de correlación condicional según metodología de Riskmetrics

Para estimar coeficiente de correlación condicional, en primer lugar, se deben estimar las covarianzas condicionales de las series. De la misma forma que se estima la volatilidad condicional se puede calcular la predicción de las covarianzas condicionales en el período $t+1$.

$$\sigma_{12,t+1} = \lambda \sigma_{12,t} + (1-\lambda)r_1 r_2 \quad (3.15)$$

Como se ha visto con la varianza condicional, la covarianza condicional en el periodo $t+1$ es función de dos actores. Primero, depende de la covarianza condicional estimada en el periodo anterior y ponderado por una constante λ . Segundo, depende del producto de las rentabilidades logarítmicas de los dos activos en el periodo anterior, ponderado por la constante $(1-\lambda)$.

El coeficiente de correlación condicional puede calcularse a través de las varianzas y covarianzas condicionales.

$$\rho_{12,t+1} = \frac{\sigma_{12,t+1}}{\sigma_{1,t+1} \sigma_{2,t+1}} \quad (3.16)$$

Donde

$\rho_{12,t+1}$: Coeficiente de Correlación condicional entre las rentabilidades de los activos 1 y 2 para el periodo $t+1$, utilizando la información disponible en t .

$\sigma_{12,t+1}$: Covarianza condicional entre activos 1 y 2.

$\sigma_{1,t+1}, \sigma_{2,t+1}$: Desviación estándar condicional para los activos 1 y 2 respectivamente.

El manual técnico de Riskmetrics recomienda la utilización de una constante igual a 0.94 y 0.97 para las predicciones diarias y mensuales, respectivamente.

3.1.3.3. Método de la familia Garch

Muchas series económicas y financieras se caracterizan por tener períodos de relativa tranquilidad seguidos por otros de alta volatilidad. Debido a ello, la hipótesis de varianza constante en muchas series se ajusta poco a la realidad. La familia de modelos Arch y Garch pretenden resolver este problema, y constituyen un intento de conseguir predictores de esa volatilidad utilizando información condicional, en este caso información sobre la estructura del término de error, que permita llevar a cabo una estimación de la volatilidad de los rendimientos del activo en cuestión durante períodos más cortos.

Los modelos son los siguientes:

- Modelo Arch (heterocedasticidad condicional auto regresiva.)
- Modelos Arch y Garch en Media (Arch – M y Garch – M)
- Garch Exponencial (Egarch.)

El modelo Arch (heterocedasticidad condicional auto regresiva)

En general, los modelos Arch se aplican a los términos de error de una regresión, una autorregresión o un modelo de media móvil. Es importante puntualizar, antes de continuar, que los modelos Arch y Garch se basan en los términos de error al cuadrado del modelo de regresión, independiente de cual sea el modelo utilizado.

Estos modelos, por un lado tratan de reconocer qué variable es heterocedástica, es decir, su varianza no es constante. El término condicional se refiere a que se va a utilizar información adicional a la hora de estimar la varianza, en contraste con la varianza incondicional de la muestra, que es una constante. El término auto regresiva pretende tener en cuenta las propiedades observadas en el análisis empírico, ya que la varianza del período puede ser explicada parcialmente por la varianza del período anterior.

Al partir del modelo de regresión simple,

$$r_{i,t} = \mu + e_t \quad (3.17)$$

Donde

$$e_t / e_{t-1} \approx N(0, \sigma^2) \quad (3.18)$$

El proceso del término de error especificada por Bollerslev (1986), citado en Aragonés y Blanco (2000), es el siguiente:

$$e_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2} \quad (3.19)$$

La varianza depende no solo de los términos de error al cuadrado en períodos anteriores, sino también de las varianzas previas, esto es:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \alpha_2 e_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p e_{t-p}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 + \delta_2 \sigma_{t-2}^2 + \dots + \delta_q \sigma_{t-q}^2 \quad (3.20)$$

Los parámetros auto regresivos y de media móvil de la varianza condicional pueden ser estimadas siguiendo la metodología ARIMA de Box-Jenkins, utilizada la serie de residuos cuadrados.

Modelos Arch y Garch en media (Arch-M y Garch-M)

Engel, Lillien y Robins citado en Aragonés y Blanco (2000), desarrollan una extensión del modelo Arch desarrollado por Engel, que introduce en el análisis la posibilidad de que la media de una serie temporal dependa de su propia varianza condicional.

Los modelos Arch-M y Garch-M se utilizan especialmente en mercados financieros y permiten estimar la presencia de una prima de riesgo demandada por agentes que exhiben aversión al riesgo.

Si se trabaja bajo el supuesto que el riesgo de un activo se puede medir por la incertidumbre en torno a sus rendimientos futuros, la varianza condicional de ese activo puede ser un indicador de esa incertidumbre. Si los agentes son adversos al riesgo, demandan una prima de riesgo por invertir en activos con mayor incertidumbre en torno a los rendimientos futuros.

$$Y_t = \mu_t + e_t \quad (3.21)$$

Siendo:

Y_t : Rendimiento realizado del activo en exceso del tipo de interés libre de riesgo

μ_t : La prima de riesgo que los agentes demandan por invertir en dicho activo en lugar del activo libre de riesgo.

e_t : Una perturbación aleatoria ruido blanco, es decir, de media cero y varianza uno.

Como la perturbación aleatoria es impredecible por definición, el rendimiento esperado del activo en exceso del tipo de interés libre de riesgo es igual a la prima de riesgo demandada por los inversores.

Se asume también, que la prima de riesgo es una función lineal de la varianza condicional de e_t , es decir, cuanto mayor es la incertidumbre en torno a los rendimientos futuros, mayor es la prima de riesgo. Dicha relación no ha de ser necesariamente lineal, pero para no complicar en exceso el análisis se supone que lo es.

$$r_{i,t} = \mu + \beta \sigma_t + e_t \quad (3.22)$$

$$e_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3.23)$$

$$\mu_t = \beta + \delta \sigma_t \quad (3.24)$$

Donde $\delta > 0$, y σ^2 representa la desviación estándar condicional (también se puede introducir la varianza condicional), que puede venir definida a través de un modelo Arch o Garch. En el caso del modelo Arch(p), la varianza condicional se define por :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i e_{t-i}^2 \quad (3.25)$$

Siendo p el número de retardos óptimos.

Si la varianza condicional es constante, la prima de riesgo también es constante e igual a:

$$\mu_t = \beta + \delta \sqrt{\alpha_0} \quad (3.26)$$

Garch exponencial (EGarch)

Este modelo, introducido por Nelson (1991) citado en Aragonés y Blanco (2000), es muy parecido en su desarrollo al modelo Garch, pero incorpora una serie de parámetros que permiten estimar efectos de asimetría y de tamaños en los residuos. Una ligera variación de este modelo que permite estimarlo con mayor facilidad es la siguiente:

$$\ln(\sigma_t^2) = w + \alpha \left| \frac{e_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \gamma \frac{e_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) \quad (3.27)$$

El modelo E-Garch permite que el componente inesperado o residuo tenga distinto impacto en la varianza condicional dependiendo de su signo.

El coeficiente γ mide la sensibilidad de la varianza condicional de impactos de distintos signo. Este hecho es conocido como el efecto asimetría.

Por otra parte, también permite que residuos de mayor magnitud, positivos o negativos, tengan un mayor peso en la varianza condicional. Esto se debe a que el impacto de los residuos al cuadrado del período anterior es ahora exponencial en vez de cuadrático. Cuando se producen movimientos extremos en el tipo de cambio, ello suele generar una mayor volatilidad en el periodo posterior, mientras los participantes del mercado ajustan sus posiciones.

El coeficiente α mide esta posibilidad y si es estadísticamente distinto de cero, se puede hablar de la existencia de un efecto tamaño, en la volatilidad de las series temporales analizadas.

Los modelos de la familia Garch gozan de una mayor aceptación en el mundo académico que en el profesional debido a las dificultades asociadas a la estimación e interpretación de los mismos. El modelo propuesto por Riskmetrics es en realidad un caso específico del modelo Garch (1,1) en que se fijan los coeficientes y, por tanto, no es necesaria la estimación del modelo a través de la función de máxima verosimilitud.

Otra ventaja del modelo de la familia Garch, es que permite introducir en el análisis efectos de asimetría y tamaño en la volatilidad condicional que no son incorporados por los otros métodos. Estos efectos tienen una clara justificación desde el punto de vista teórico, y no pueden descartarse del análisis de la volatilidad futura de la cartera. No existe un consenso sobre el método más adecuado para calcular covarianza entre los activos de la cartera. Debido a dicha incertidumbre, se corre el riesgo de que el método que se utilice subestime o sobreestime el riesgo real de la cartera. Por tanto, las estimaciones de los coeficientes de correlación y covarianza han de ser interpretadas con cautela.

3.1.3.4. Método de Volatilidad Implícita

En el caso de activos para los cuales existe un mercado de opciones, es posible conocer la volatilidad implícita a través de los modelos de valoración. La volatilidad implícita incorpora las expectativas de los operadores sobre la volatilidad futura y, por tanto, tiene una clara ventaja sobre los otros estimadores al basarse estos últimos en el análisis de las series históricas de rentabilidades y volatilidades.

Sin embargo, el uso de volatilidades implícitas en mercados emergentes es muy limitado debido a que los instrumentos derivados en mercados emergentes están aún en fase de construcción o desarrollo y no existen muchas opciones sobre títulos individuales o índices bursátiles.

No se ha encontrado que la volatilidad implícita sea claramente un estimador superior de la volatilidad futura, que estimadores Garch o de media móvil exponencial como los de Riskmetrics. Un inconveniente adicional es que las volatilidades implícitas de las opciones no tiene necesariamente que ofrecer las expectativas del mercado sobre volatilidad futura o correlación entre dicho activo, debido a que los operadores de opciones no cuentan con información adicional que les permita estimar la volatilidad futura del activo, por lo que no siempre aciertan respecto a la volatilidad futura.

Además, la volatilidad implícita depende de la correcta especificación del modelo de valoración de opciones utilizado para calcular dicho parámetro.

De acuerdo a Beckstrom, Lewis y Roberts (1994) citado en Aragonés y Blanco (2000), en la práctica, los operadores que deciden utilizar la volatilidad implícita en la matriz de varianzas covarianzas, normalmente la complementan con las correlaciones históricas de los activos de la cartera. Esto es

debido a la dificultad de estimar las correlaciones implícitas y los problemas derivados de su incorrecta estimación. Por lo tanto, es razonable suponer que la volatilidad se define por la volatilidad implícita en las opciones negociadas, mientras se puede asumir que la correlación no cambia radicalmente debido a la diferencia entre volatilidad condicional basada en las series históricas y la volatilidad implícita.

3.1.3.5. Métodos cualitativos

Otro método para estimar la matriz de varianza-covarianza es utilizar juicios cualitativos. En vez de basarse únicamente en información histórica, el gestor puede llevar a cabo sus propias predicciones después de analizar la información económica, contable y financiera disponible.

Como método de análisis subjetivo tiene el inconveniente de que su validez es muy difícil de contrastar empíricamente.

Sin embargo, este método puede complementar a los anteriores debido a que se intenta incorporar las expectativas del gestor con respecto a la volatilidad y covarianza entre los activos en el supuesto de que las estimaciones históricas estén subestimando el riesgo de la cartera en un momento determinado de acuerdo a la opinión del gestor.

3.1.3.6. Volatilidades y correlaciones en situaciones extremas de mercado

Al analizar volatilidades y correlaciones de activos financieros, una nota de precaución es necesaria. La evidencia empírica del comportamiento de la correlación entre distintos mercados en períodos de crisis señala que, en épocas de caídas fuertes de las cotizaciones, las correlaciones tienden a aumentar considerablemente, y por tanto, limitan los beneficios derivados de la diversificación en el momento que más se necesitan.

3.2. Cálculo de VaR analítico

El método analítico de cálculo del VaR se basa en el análisis de la matriz de varianzas-covarianzas de los factores de riesgos seleccionados para representar el riesgo global de la cartera de inversión.

3.2.1. Hipótesis de partida

- Las rentabilidades continuas de los activos que forman la cartera y, por tanto, la cartera, siguen una distribución normal³.

³ Esta condición puede no cumplirse cuando existen activos derivados en la cartera

- Las correlaciones y volatilidades estimadas deben ser representativas de las correlaciones y volatilidades futuras.
- Las rentabilidades de los activos no se encuentran auto correlacionadas.

Por lo tanto, es posible calcular la probabilidad de que las rentabilidades sean inferiores a un valor determinado, que se denomina Valor en Riesgo (VaR).

La novedad esencial del VaR con respecto a la moderna teoría de carteras de Markowitz es que el análisis del VaR analítico o de varianzas-covarianzas no se centra en el análisis de la cartera original, sino de una cartera sintética que se crea para poder estimar el riesgo de mercado global.

3.2.2. Definición Matemática

El VaR se puede calcular a través de una multiplicación de matrices:

$$VaR_{cartera} = \sqrt{p^T Q p} \quad (3.28)$$

Donde p es el vector de flujos de caja de cupón cero expresados en valor actual y moneda de referencia.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1,m} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \dots & \sigma_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \sigma_{n,2} & \dots & \sigma_{n,m}^2 \end{bmatrix} \Rightarrow Q = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^{*2} & \sigma_{12}^* & \dots & \sigma_{1,m}^* \\ \sigma_{21}^* & \sigma_{22}^{*2} & \dots & \sigma_{2,m}^* \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{n,1}^* & \sigma_{n,2}^* & \dots & \sigma_{n,m}^{*2} \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

Si Σ es la Matriz de Varianzas-Covarianzas (VCV) original de los vértices cuyos elementos están expresados en la frecuencia de las series originales (diarias, semanales, etc.); Q es la matriz de varianzas y covarianzas ajustada para el horizonte temporal y el intervalo de confianza deseado.

Otra forma de llegar al VaR de la cartera es calculando el VaR de las cestas de flujos de caja correspondientes a cada vértice y a continuación introducir la matriz de correlaciones para estimar los efectos de reducción de riesgo como resultado de la diversificación del mismo.

$$VaR_{cartera} = \sqrt{V^T * [\rho] * V} \quad (3.30)$$

Donde:

$V = [VaR_x, VaR_y]$: Vector VaR de los elementos de cartera, de dimensiones $(n \times 1)$, o Vector de exposiciones.

$[\rho]$: Matriz de correlaciones, de dimensiones $(n \times n)$

$$\rho = \begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & \rho_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.31)$$

V^T : Vector transpuesto de V , de dimensiones $(1 \times n)$

Independientemente de la forma utilizada para calcular el VaR analítico, el resultado es un número expresado en unidades de la moneda de referencia de cálculo, que representa la mínima pérdida que puede producirse para un horizonte temporal y probabilidad determinados.

Conceptualmente se puede expresar los pasos para realizar el cálculo de VaR de la siguiente manera:

- Definir los parámetros para el cálculo del VaR, es decir, horizonte temporal, nivel de confianza y moneda de referencia.
- Determinar los “vértices” o factores de riesgo que deben ser incorporados en la matriz de varianzas y covarianzas. Debido a que la cartera puede estar compuesta de cientos e incluso miles de instrumentos, se deben identificar las fuentes de riesgo de la cartera en una serie de factores sobre los cuales sea posible obtener información sobre sus volatilidades y covarianzas con otros factores de riesgo.
- Representar los instrumentos originales de la cartera en términos de flujos de caja relacionados linealmente con los factores de riesgo de la matriz VCV. Para lograr homogeneidad, los instrumentos originales se expresan en términos de flujos de caja equivalentes directamente equiparables con los vértices seleccionados.
- Calcular VaR tomando el vector de posiciones de la cartera expresadas en flujos de caja equivalentes y la matriz de VCV. Una vez que se conoce el vector de flujos de caja equivalentes representativos de la cartera original y se han estimado los componentes de la matriz de varianzas-covarianzas, sólo es necesario llevar a cabo un producto matricial para llegar al VaR de la cartera.

3.2.3. Conceptos

- Vértices
- Representación de los componentes originales de la cartera en flujos de caja equivalentes (cash – flow mapping.)
- Elección del horizonte temporal para el VaR analítico.

Vértices:

Este concepto, corresponde a los elementos representativos de factores de riesgo de mercado. Un factor de riesgo es una variable que debe cumplir dos condiciones:

- Su valor de mercado experimenta fluctuaciones (por ejemplo, el precio de una acción, el precio de una materia prima, un tipo de cambio, etc.)
- Las fluctuaciones de dicha variable se traducen en variaciones en el valor de mercado de la cartera.

Un vértice o factor de riesgo es una combinación de un activo, clase de activo y plazos concretos. Por ejemplo (1m, MXN, GOV), representaría una deuda a corto plazo denominada en pesos mexicanos del tesoro mexicano a un mes.

La principal diferencia de la metodología de Valor de Riesgo respecto al análisis de varianzas-covarianzas de la moderna teoría de carteras es la introducción del concepto de flujos de caja como componentes de los instrumentos de la cartera, hecho que permite un análisis en mayor profundidad.

Un flujo de caja es una cantidad, positiva o negativa que se corresponde con un vértice. Por ejemplo, el flujo de caja (+ 100, 10 años, USD, GOV) representa una posición larga de 100 unidades en deuda pública estadounidense a 10 años. Los flujos de caja pueden estar denominados en moneda local del instrumento en concreto o en la moneda de referencia del cálculo del VaR.

Para calcular el VaR los elementos del vector de flujos de caja deben cumplir dos requisitos:

- Estar expresados en un valor presente y en la misma moneda de referencia.
- Corresponder directamente con uno de los vértices de la matriz de VCV.

La elección de los instrumentos (vértices) sobre los que se construye la matriz de VCV y la matriz de correlaciones es un paso crucial en el método del VaR analítico. Una vez definida la matriz de VCV, hay que representar todos los instrumentos de la cartera en flujos de caja que son función de estos

vértices, es decir, todos los componentes originales de la cartera deben ser descompuestos en flujos de caja equivalentes sobre los que se tenga información de su riesgo y correlación en la matriz de VCV.

Representación de los componentes originales de la cartera en flujos de caja equivalentes (cash-flow mapping):

Este proceso se lleva a cabo en cuatro etapas:

- Cada instrumento original de la cartera se descompone en flujos de caja equivalentes, manteniendo la denominación en la moneda local correspondiente a cada instrumento. Por moneda local se entiende la moneda en que está denominado originalmente el flujo de caja. El método y grado de complejidad a la hora de llevar a cabo este paso varía de un instrumento a otro.
- Una vez que se conocen los flujos de caja equivalentes, se determina su valor actual neto tomando como fecha de referencia aquella en que se calcule el VaR. En este momento se habrá conseguido que todos los flujos estén expresados en la misma base de tiempo para su posterior análisis. Es importante puntualizar que los flujos de caja se descuentan de acuerdo a la curva de tipos de cambio para cada moneda en la que estén denominados.
- Como los flujos de caja se encuentran denominados en diferentes monedas, es necesario convertirlos a una única moneda de referencia para su posterior comparación. La moneda elegida debe ser aquella en que se desee calcular el VaR. Por tanto, tras completar este paso, se ha conseguido expresar todos los flujos de caja en valor actual y en una única moneda. Para llevar a cabo la conversión, sólo es necesario multiplicar el valor actual de los flujos de caja por el tipo de cambio al contado. Se utilizan los tipos de cambio al contado debido a que se está trabajando con flujos de caja en la misma fecha y moneda de referencia.
- Para poder estudiar las características de riesgo de los flujos de caja y de la cartera en conjunto, se asignan los flujos de caja a los distintos vértices de la matriz de varianzas-covarianzas. A la cartera “sintética” resultante se la conoce como el mapa de flujos de caja. Una vez que se han asignado todos los flujos de caja en los distintos vértices, agrupamos los flujos de caja correspondientes a cada vértice en cestas. A partir de este momento, se está en condiciones de determinar el VAR de la cartera.

Elección del horizonte temporal para el VaR analítico

Si se parte con la hipótesis de que las rentabilidades esperadas de la cartera siguen una distribución normal y no están correlacionadas, es posible convertir la varianzas y covarianzas condicionales para un horizonte temporal o nivel de confianza dado a otro distinto. El método del VaR analítico supone que las rentabilidades de la cartera son independientes, es decir, no están autocorrelacionadas, hecho que permite transformar las volatilidades históricas definidas para el horizonte temporal de un día en un horizonte temporal de T días, multiplicando las volatilidades correspondientes por la raíz cuadrada de T días.

$$VaR_{t, \alpha} = VaR_{1, \alpha} \times \sqrt{T} \quad (3.32)$$

Bajo ciertas condiciones, este ajuste representa una aproximación bastante buena de las variaciones del VaR para distintos horizontes temporales, desafortunadamente, en la práctica estas hipótesis no suelen cumplirse.

Como indican Iacono y Sheie (1998) citado en Aragonés y Blanco (2000), la aproximación de la raíz cuadrada de t es únicamente válida en los siguientes casos:

- Cuando los factores de riesgo (vértices) siguen una distribución normal. Cualquier combinación lineal de variables aleatorias que siguen una distribución normal también se distribuye normalmente, y existe una relación determinada entre la desviación estándar y las probabilidades de las colas de la distribución. Mientras la distribución de las rentabilidades de los activos por unidad de tiempo sea independiente y distribuida en forma idéntica (iid), la desviación estándar es proporcional a la raíz cuadrada de t.

Este supuesto suele no cumplirse en los mercados financieros debido a la presencia de “leptocurtosis” o “colas anchas” en la distribución de las rentabilidades.

- Cuando la matriz de varianzas-covarianzas es constante (es decir, volatilidades y correlaciones constantes), para que se cumpla la condición que las rentabilidades sean independientes e idénticamente distribuidas en el tiempo, la matriz de varianzas-covarianzas debe ser constante en el tiempo.

Desafortunadamente, el supuesto de matrices de volatilidades y correlaciones constantes también suele incumplirse en la práctica. Como se ve en la sección 3.1, de estimación de volatilidades y correlaciones, dichos parámetros se caracterizan por variar a lo largo del tiempo. Asimismo, si se observan las volatilidades implícitas de las opciones para distintos vencimientos, se puede apreciar que no son constantes y la estructura temporal de las volatilidades no suele ser plana.

- No existe un término de tendencia en las rentabilidades esperadas de ninguno de los factores de riesgo. Conforme se producen los cambios en la medida de la distribución normal, todas las cantidades han de cambiar en la misma medida. Por ejemplo, para una distribución $N(0,1)$, el quinto percentil es equivalente a -1.645 desviaciones estándar; si la medida de distribución fuera 1, el quinto percentil sería equivalente a $-0,0645$ desviaciones estándar.

Para horizontes temporales cortos, es razonable asumir que la rentabilidad esperada del activo sea cero; sin embargo, para horizontes temporales medios y largos, ésta hipótesis puede ser poco real, de modo que se incumplirá uno de los supuestos que respalda el cálculo del Var. La simulación por Montecarlo permite subsanar este problema.

- La cartera no contiene posiciones no lineales (opciones). En concreto, la cartera debe tener opción cero (convexidad nula), theta cero, (no sufrir ninguna variación debida únicamente al paso del tiempo), y que las deltas no dependan del tiempo.

Por tanto, si alguno de los instrumentos tiene una gamma distinta de cero, la cartera no sigue una distribución normal. También se requiere que el factor de desgaste temporal (time decay) sea nulo, debido a la misma razón que hace necesario que las rentabilidades esperadas sean cero. Al tratarse de un análisis estático, se está suponiendo que la cartera permanece constante si no se producen cambios en los factores de riesgo. Por último, el delta de las opciones cambia con el paso del tiempo, independientemente de que se produzcan cambios en la volatilidad del mismo.

Al igual que con la condición anterior, el método de simulación por Montecarlo permite eludir esta dificultad para carteras que contengan posiciones no lineales de importancia.

Si cualquiera de estas condiciones no se cumple, el ajuste del horizonte temporal a través de la regla de la raíz cuadrada del tiempo es únicamente una aproximación más o menos exacta. Sin embargo, a pesar de que en la práctica todas las condiciones no suelen cumplirse, el hecho de obtener, en general, desviaciones mínimas hacen que la regla de la raíz cuadrada del tiempo pueda aplicarse con relativa confianza, en especial para VaR con horizontes temporales cortos y para carteras en las que las posiciones no lineales no supongan una parte importante de las mismas.

3.3. Métodos no Paramétricos o de Simulación

Al utilizar métodos de simulación, es posible modelar la rentabilidad y el riesgo esperados de la cartera, basando el análisis en información previa relativa al comportamiento de la cartera en el futuro, para lo cual no es necesario descomponer los instrumentos de la cartera en flujos de caja, sino que se

lleva a cabo una valoración completa de la cartera para los distintos escenarios dentro de la simulación.

Existen dos métodos de simulación.

- Simulación Histórica
- Simulación de Montecarlo.

3.3.1. Simulación Histórica

Esta técnica permite analizar cuales habrían sido las rentabilidades hipotéticas de la cartera en el pasado si se tiene la cartera actual.

No es necesario asumir que las rentabilidades siguen una distribución normal, por lo tanto se puede reflejar la distribución de rentabilidades completa.

Se busca determinar las pérdidas y ganancias que habría sufrido la cartera que se tiene, durante un período determinado y luego, para cada día del período de observación, se puede generar una distribución de rentabilidades esperadas y tomar los percentiles de la distribución de rentabilidades como medida de VaR.

Por otro lado, la simulación histórica permite recoger en su información la relación que existe entre el movimiento de los mercados frente a ciertos movimientos en los factores de riesgo, es decir, toma las correlaciones y volatilidades diarias, ya que la cartera se valora para cada escenario generado a partir de las observaciones históricas de precios y tipos de interés.

La información que se requiere para poder calcular VaR, por medio de Simulación Histórica es la siguiente:

- Series históricas de precios, tipos de interés, tipos de cambio y volatilidades implícitas de los factores de riesgo identificados, los que a su vez, dependen de los instrumentos que componen la cartera. El período muestral seleccionado es decisión del gestor.
- Descripción de los instrumentos que componen la cartera de la institución a evaluar, en función de los factores de riesgo determinados y los modelos de valoración de los mismos para los distintos escenarios de precio.

Pasos para determinar la Simulación Histórica:

- Calcular el valor de mercado de cada instrumento de la cartera en la moneda correspondiente, para cada período de la muestra a partir de las series históricas de los factores de riesgo.
- Establecer el valor de mercado de la cartera para cada período de la muestra, agregando el valor individual de los instrumentos de la misma. A partir de precios históricos hipotéticos, se calculan las pérdidas y ganancias que habría experimentado la cartera de la institución en la actualidad.
- Con la serie de pérdidas y ganancias históricas hipotéticas de la cartera de tiempo, se crea un histograma de frecuencias con las rentabilidades que habría experimentado la cartera, ordenándolas de menor a mayor.
- Una vez que se conoce el histograma de frecuencias, se está en condiciones de calcular el VaR, observando el percentil deseado de la distribución.

Matemáticamente el modelo de Simulación Histórica se describe a continuación: Se aplica el vector de ponderadores de inversión vigentes a una serie representativa de retornos históricos, para generar una secuencia de valores de la cartera, que pueden ser representados estadísticamente por un histograma. A partir de esta secuencia de valoración se define una cierta distribución de probabilidades.

La secuencia de retornos se obtiene de multiplicar los ponderadores actuales, representados por un vector ω con los retornos históricos de cada instante τ :

$$R_t = \omega^T R_{i\tau} \quad (3.33)$$

Donde

R_t : Retornos históricos

ω : Vector de ponderadores, de los activos que maximizan el retorno para cada nivel de riesgos

$R_{i\tau}$: Retornos históricos de los activos "i" en cada instante τ

Luego, se utiliza cada uno de estos retornos para determinar el valor de la cartera durante el siguiente período, en otras palabras, si se consideran 90 días hacia atrás, entonces se tienen 90 valoraciones de carteras. Sacando la desviación estándar de las distintas valoraciones del portafolio o cartera de inversión (σ_H) se puede hacer el cálculo del VaR mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Var}_{it} = -\alpha * \sigma_{it} * \sqrt{\Delta t} * W \quad (3.34)$$

Donde:

α : Nivel de Significancia, que define el área de pérdida de los retornos.

σ_{it} : Desviación estándar de los valores de la cartera

Δt : Frecuencia de datos u horizonte de tiempo para el cual se calcula el factor de riesgo

W : Precio de la cartera.

Es importante tomar en consideración que, cuanto menor sea el período histórico, mayor peso o importancia se le entrega al pasado más reciente y más posibilidades hay de no incluir acontecimientos extremos, con el riesgo de subestimar la volatilidad futura de la cartera. Es por ello conveniente, que se incluyan épocas de inestabilidad en los mercados financieros que puedan ofrecer una indicación de las pérdidas que habría experimentado la cartera bajo dichas circunstancias.

El estudio de escenarios históricos, ayuda a formular la estrategia de gestión de riesgos ante hechos muy desfavorables para cumplir los objetivos, partiendo del supuesto, que en el futuro los mercados se comportarán de una forma parecida al pasado.

Al utilizar simulación histórica no se pueden extrapolar los resultados de un análisis para otros horizontes temporales y, por tanto, es necesario volver a calcular los percentiles de la rentabilidad y llevar a cabo el análisis de nuevo para diferentes plazos.

Otro punto poco favorable es que se asume que lo que ocurrió en el período de la muestra de las rentabilidades observadas recoge toda la información suficiente para estimar el riesgo futuro de mantener dichos activos en la cartera.

Es difícil llevar a cabo un análisis de escenarios posibles si no se cuenta con volatilidades ni correlaciones de los factores de riesgo de la cartera.

La simulación de VaR basada en Simulación Histórica, presenta una varianza mayor que al realizarla por medio de un método analítico, ya que en términos estadísticos la distribución de rentabilidades hipotéticas suele ser muy densa alrededor de la media, pero debido a la escasa ocurrencia de movimientos extremos en las rentabilidades, la distribución es prácticamente discreta conforme se aproxima a los extremos de las colas.

Otra limitación es que atribuye una probabilidad cero a las pérdidas superiores al nivel máximo experimentado por la cartera durante el período de observación, pudiendo subestimar el verdadero riesgo potencial que se enfrenta.

3.3.2. Simulación de Montecarlo

Este método puede interpretarse como una combinación del Método Paramétrico de cálculo de VaR y Simulación Histórica, con él se obtiene una aproximación del comportamiento de la rentabilidad esperada de la cartera utilizando simulaciones por ordenador que generan recorridos aleatorios de la rentabilidad de la cartera basados en ciertos supuestos iniciales sobre volatilidades y correlaciones de los factores de riesgo.

La base es generar una serie de escenarios aleatorios en vez de considerar la información histórica de las series de rentabilidades. Los escenarios no son del todo aleatorios, ya que se busca mantener las características estimadas de volatilidad y correlación de dichos factores de riesgo. Una vez obtenidos los resultados para cada escenario, se puede formar un histograma de frecuencias y determinar cual es el VaR de la cartera de forma similar al Método de la Simulación Histórica.

Dado que la serie de escenarios generados depende de la elección de los parámetros de la distribución, hay que enfrentar el riesgo de que la distribución o los parámetros de la misma no reflejen la verdadera distribución de las rentabilidades.

El Método de Montecarlo puede ser muy útil para modelar el comportamiento de los activos de los que se carece de información histórica o para los que siguen una distribución muy distinta a la normal.

Para calcular VaR a través de la simulación por Montecarlo, es necesario disponer de:

- Series históricas de los factores de riesgo subyacentes para poder calcular volatilidades y correlaciones y capturar la incertidumbre en la variación de precios.
- Las funciones que describen cómo los distintos instrumentos de la cartera dependen de los factores de riesgo subyacentes.

El estimador de VaR por Montecarlo siempre tiene un error que se debe a la variabilidad de la muestra. Conforme el número de simulaciones aumenta, el estimador converge a su verdadero valor, normalmente a una velocidad equivalente a la raíz cuadrada del número de escenarios. Sin embargo, el uso de mayor número de escenarios puede hacer más lento el proceso de cálculos, con beneficios marginales mínimos en términos de precisión. En otras palabras si se aumentan los escenarios de 100 a 10.000, la desviación estándar del estimador Var es 10 veces menor.

La Tabla N° 1 presenta la Simulación de Montecarlo de manera estructurada.

Tabla 1 Simulación de Montecarlo Estructurada

Punto de Partida: Determinación de los factores de riesgo y especificación de los modelos de valoración.

Antes de iniciar la simulación, es necesario determinar los factores de riesgo de la cartera y especificar las funciones que relacionan los distintos instrumentos de la cartera y los factores de riesgo predeterminados

Primer Paso: Generación de números aleatorios para cada factor de riesgo

Para cada factor de riesgo, es necesario generar números aleatorios extraídos de una distribución normal $N(0,1)$ con el objetivo de simular nuevos precios de dichos factores.

Segundo Paso: Transformación de los números aleatorios.

Los números aleatorios se transforman para reflejar la información histórica sobre las volatilidades y correlaciones de los factores de riesgo (esto a través de una descomposición matricial en que la descomposición de Cholesky juega en papel fundamental)

Tercer Paso: Generación de Precios hipotéticos para los distintos factores de riesgo.

A partir de los números aleatorios transformados se generan nuevos precios para los distintos vértices, partiendo de la hipótesis de que los precios son aleatorios y siguen una moción browniana.

Cuarto Paso: Valoración de la Cartera en la fecha futura de simulación para los nuevos precios hipotéticos.

A través de los modelos de valoración, se calcula el valor de mercado de la cartera al horizonte especificado para los precios hipotéticos generados. El nuevo valor de mercado al horizonte se compara con el valor de mercado a la cartera en la actualidad para obtener las pérdidas o ganancias hipotéticas para cada escenario.

Repetición del proceso para múltiples escenarios

Se pueden reproducir tantos escenarios como se desee; cuantos más escenarios se generen, la desviación estándar del VAR es menor

3.4. Métodos Complementarios del Análisis VaR

VaR ofrece una medida simplificada de riesgo de la cartera en condiciones “normales” de mercado, pero siempre debe ser interpretado con cautela, teniendo en cuenta las hipótesis de partida y el hecho de que en su cálculo, se utiliza información histórica.

La correcta interpretación de los resultados obtenidos con el análisis VaR y la comprensión de sus supuestos, son fundamentales, a la hora de considerar VaR como una herramienta de análisis de riesgo útil; el verdadero valor de VaR radica en su proceso de cálculo, puesto que se puede crear una unidad especializada en riesgos que analice la exposición de las carteras y de la empresa, que identifique factores de riesgo, que aplique la metodología más adecuada y que, finalmente, prepare informes a la dirección relativos al riesgo asumido en cada momento por las distintas unidades funcionales.

Se puede pensar en VaR como un método necesario pero no suficiente, por lo cual, es bueno realizar análisis complementarios cuyo objetivo sea descubrir los riesgos encubiertos dentro de la cartera, comprobar el efecto de las hipótesis asumidas en el cálculo de VaR y ofrecer, en definitiva, una visión más completa del riesgo real.

Las principales técnicas existentes para completar el análisis VaR bajo condiciones extremas de mercado son: análisis de escenarios y contraste de tensión.

3.4.1. Análisis de Escenarios

Consiste en definir una serie de situaciones y cuantificar el impacto de estos posibles acontecimientos extremos en la cartera.

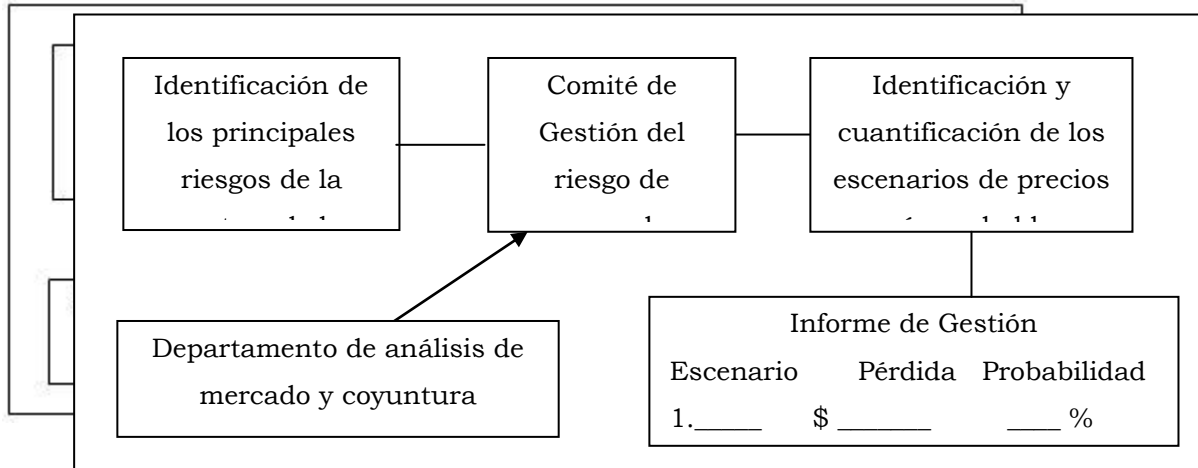
Se utiliza para examinar las consecuencias del incumplimiento de uno o varios de los supuestos de partida de VaR, la base de esta técnica es la correcta identificación de los escenarios que se pueden dar y, por consiguiente, supuestas pérdidas de consideración para la cartera, es por ello que aquí la experiencia del gestor es fundamental.

Este tipo de análisis no pretende asignar una probabilidad a un determinado suceso, sino evaluar su impacto potencial en la cartera. Una manera de crear escenarios es a través de la combinación de hechos pasados con las expectativas de los analistas en torno al mercado.

Cuando se comienza a desarrollar el análisis de escenarios, el gestor de fondos debe estar muy informado de la situación política, económica y mundial, para poder determinar cuales de los escenarios podrían presentarse con cierto grado de ocurrencia.

La Figura N° 2 presenta un esquema de como se identifican los escenarios más importantes a ser considerados en el análisis.

Figura N°2 Identificación de los escenarios más importantes a considerar en el análisis



Fuente: Aragonés y Blanco (2000), pág 274

3.4.2. Contraste de Tensión o Stress Testing

Se basa en someter la cartera de movimientos de precio de forma mecánica, normalmente considerando diversas combinaciones, para determinar cuales son los que provocarían efectos más nocivos.

Este test, es menos matemático que el cálculo de VaR, ya que se basa en el estudio de acontecimientos extremos en los mercados que, en caso de producirse podrían significar fuertes pérdidas en la cartera.

Prueba de ello es el supuesto de normalidad que se utiliza frecuentemente en la teoría económica y financiera, ya que en la práctica la mayoría de los activos financieros, en especial los que se negocian en los mercados emergentes y energéticos, se caracterizan por presentar lepturtosis, es decir que los activos generan rentabilidades extremas con mayor frecuencia de lo que está establecido en la distribución normal.

Existen dos tipos de contrastes:

- Contraste de Tensión sobre volatilidades.
- Contraste de tensión sobre correlaciones.

Contraste de Tensión sobre volatilidades

Uno de los supuestos de VaR es la estabilidad de las volatilidades y correlaciones a lo largo del tiempo. Sin embargo, esto no es así, por lo que es importante estudiar los efectos en la cartera de los

cambios en los parámetros estimados. El análisis del efecto en el cambio de volatilidades es de gran relevancia cuando se trata de opciones, otro caso es el estudio de volatilidad de los tipos de cambio.

Contraste de Tensión sobre correlaciones

Este parámetro se caracteriza por su variabilidad; en ocasiones, las correlaciones históricas no reflejan de forma adecuada las expectativas de los gestores en torno a la covarianza entre dos factores de riesgo de su cartera.

El cálculo del VaR no permite cambiar este coeficiente en la matriz original para realizar contraste de tensión sobre las correlaciones, si se altera de forma arbitraria este coeficiente, la nueva matriz probablemente no es semi-definida positiva y sus elementos no tienen consistencia interna, esto porque la matriz es un conjunto de elementos con una clara interdependencia, por lo que la variación de uno de ellos, provoca la ruptura del resto de las relaciones, inutilizando la nueva matriz para el análisis.

En la práctica, al trabajar con matrices de correlaciones de gran amplitud, algunas no pueden invertirse y, por ende, no se puede obtener el VaR; en otras se obtiene un VaR negativo, lo cual queda fuera de toda lógica y, en otros, se llega a un VaR positivo, pero calculado a través de una serie de inconsistencias que hacen que el análisis no sea válido. Es por ello que Finger citado en Aragonés y Blanco (2000), propone una metodología que permite hacer variación de correlaciones manteniendo la consistencia de la matriz, que consiste en alterar las series originales de forma que se consiga la correlación deseada entre las mismas.

La Tabla N° 2 presenta un cuadro que presenta de manera óptima las diferencias entre VaR y Contraste de Tensión.

La principal diferencia entre ambos métodos es que el contraste de tensión, busca cubrir un amplio rango de escenarios de precios, mientras que el análisis de escenarios se concentra en el estudio de varios escenarios específicos definidos por el gestor.

Estas técnicas no intentan asignar una probabilidad de ocurrencia a estas situaciones.

3.4.3. Metodologías “Extremas”: CrashmetricsTM y Teoría del Valor Extremo

Estas metodologías también nacen con el objeto de completar el análisis de mercado para situaciones límites, las cuales se centran en los extremos de la distribución de pérdidas y ganancias esperadas, y tratan de estimar las pérdidas máximas que pueden producirse. Existen dos metodologías extremas:

- CraschmetricsTM.
- Teoría del valor extremo

Tabla 2 : Diferencias entre VaR y Contraste de Tensión

	VaR	Contraste de Tensión
Enfoque	Estadístico	Cualitativo
Período analizado para determinar riesgo de mercado	Pasado reciente	Acontecimientos históricos o posibles futuros relevantes.
Hipótesis sobre el comportamiento de los mercados	Condiciones normales de mercado	Condiciones extremas de mercado
Periodicidad del análisis	Continuo	Periódico (mensual, semanal)
Principales usos	Determinación de requisitos de capital e imposición de límites a los operadores y gestores	Prevención de una posible quiebra de la institución o minimizar la posibilidad de sufrir fuertes pérdidas.
Correlaciones y volatilidades	Relativamente estables	Inestables

Fuente: Aragonés y Blanco (2000), pág 272.

CrashmetricsTM

Esta metodología fue desarrollada por Paul Wilmott (1998, Dertivates) citado en Aragonés y Blanco (2000) plantea que los mercados ante una situación extrema o crash se comportan de maneras muy variadas a lo normal, por lo tanto si se quiere estudiar el comportamiento de los mercados ante situaciones extremas sólo hay que analizar las observaciones históricas correspondientes a dichos acontecimientos.

La base de cálculo de crash radica en estimar las pérdidas potenciales de la cartera bajo los supuestos del peor escenario posible. La única hipótesis de partida es que los movimientos de los mercados tienen un límite, al igual que las situaciones extremas que pueden enfrentar. Aconsejan tomar este método para protegerse de las pérdidas extremas y quizá tomar precauciones o reducir ciertas posiciones que experimentan pérdidas sustanciales bajo determinados escenarios.

En el fondo lo que esta teoría propone es que cuando los mercados se mueven en contra lo hacen todos al mismo tiempo y con gran intensidad, esto en realidad, genera un escenario demasiado extremo y por lo tanto los beneficios de aplicarlo son limitados.

Teoría del Valor Extremo (TVE)

Esta teoría se concentra únicamente en las rentabilidades negativas extremas, y parte de la hipótesis de que las rentabilidades extremas pueden modelarse. Esta es una técnica que podría ser muy bien utilizada por las compañías de seguro (que a menudo utilizan distribuciones distintas a la normal para modelar las probabilidades de pérdidas importantes), puesto que TVE, se basa en la cuantificación de acontecimientos catastróficos.

Aquí el gestor de fondos, necesita estimar con cierto grado de confianza, los extremos de la distribución, asociados a fuertes movimientos en los mercados, para lo cual es imprescindible contar con la información histórica de estos movimientos y ajustar estas observaciones a través de una función.

La hipótesis en la que se apoya la TVE es que las rentabilidades extremas siguen un cierto comportamiento que puede caracterizarse de manera previa, para lo cual se utiliza el método de Hill (1975), citado en Aragonés y Blanco (2000), el que propone ordenar las observaciones de menor a mayor y obtener un estimador. }

$$P(Y > y) = k(y)y^{-\alpha} \quad (3.35)$$

α : Índice de cola e indica la velocidad de caída de la probabilidad en los extremos de la cola.

Una manera para estimar α es ordenando las rentabilidades logarítmicas de menor a mayor y tomando el inverso de la diferencia entre la media de las rentabilidades logarítmicas y la peor rentabilidad de la muestra, esto es:

$$\alpha = \left(\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \ln(y_i) \right) - \ln(y_m) \right)^{-1} \quad (3.36)$$

$\ln(y_i)$: Rentabilidades logarítmicas

$\ln(y_m)$: Rentabilidad extrema de la muestra.

El principal problema de este nuevo enfoque es que se dispone de un número limitado de hechos extremos para formar la muestra que permite establecer la forma funcional.

Pero aún así, el principal aporte de esta teoría es el basarse en acontecimientos extremos para así modelar el comportamiento de las rentabilidades extremas del activo o cartera, por lo cual se ajusta de mejor forma a las observaciones empíricas.

3.5. Ventajas y Desventajas de la aplicación de VaR

Es necesario recordar que el objetivo de VaR, no es determinar el peor escenario; VaR es una estimación, en términos de probabilidad, del nivel de pérdidas y ganancias de la cartera pero, en ningún momento indica el valor de la pérdida máxima a la que se enfrenta la cartera.

A continuación, mencionan algunas de las ventajas de VaR.

- Agregación y simplificación, ya que puede ser aplicado para medir riesgo global de una cartera de renta fija o variable y, también puede ser agregado para carteras con distintos instrumentos financieros. Se puede calcular VaR de una posición en un activo concreto de la cartera o de la cartera en su conjunto. La agregación se lleva a cabo a través de la estimación de la correlación esperada entre los activos que forman parte de la cartera, pudiéndose convertir en un procedimiento complejo cuando consta de activos muy distintos.
- Fácil interpretación de los resultados del análisis, ya que se puede traducir a cualquier moneda, además que los resultados, pueden ser informados a distintas personas sin que ellas tengan una base teórica en gestión de riesgos u otro.
- Permite el seguimiento y la comparación del riesgo a través del tiempo, ya que se puede hacer un seguimiento del riesgo asumido a diario y con ello determinar un perfil de riesgo a lo largo del tiempo.
- Permite la fijación de límites basados en el riesgo diversificado de la cartera, con esto se pueden fijar límites al riesgo asumido por los gestores, por lo tanto si VaR es menor que un valor determinado de forma previa, se acepta la inversión, caso contrario, se reevalúa la posición o se desecha, de acuerdo a la flexibilidad que se defina para ello.
- Obliga a los gestores a intentar cuantificar el riesgo de sus inversores, ya que los obliga a plantearse en forma seria los riesgos que están asumiendo, esto por el proceso de recolección de datos para el cálculo de VaR y su cálculo.

Por otro lado la metodología de VaR tienen una serie de debilidades que pueden llevar a la toma de decisiones erróneas, algunas de los aspectos poco favorables de VaR son:

- Excesiva simplificación de la realidad: hipótesis iniciales poco realistas, tales como que se espera que lo que ocurre en un momento del tiempo se repita en uno posterior, que la distribución de las rentabilidades de la cartera tiene un comportamiento que tiende a una normal.
- Que su valor subestima el valor real del riesgo, sobre todo, cuando se enfrenta a un cambio no previsto.
- Existe demasiada dependencia del comportamiento histórico de los mercados, lo cual puede llevar a los gestores a que incluyan en sus carteras únicamente activos con rentabilidades altas, pudiendo subestimar el verdadero riesgo. Por ello lo relevante de un análisis histórico es estimar cual es la distribución que tendrá a futuro la serie de rentabilidades.
- El análisis de VAR es estático, mientras que el riesgo es dinámico, esto producto de asumir que las posiciones de la cartera permanecen constantes y el riesgo individual de las posiciones y sus correlaciones, permanecen constantes
- VAR no tiene en cuenta la liquidez del mercado, ya que en algunos mercados, los costos de entrada y salida suelen ser importantes y, por tanto, el riesgo real es subestimado en caso que se produzca una caída abrupta en el mercado.
- Tampoco toma en consideración el tamaño de las posiciones, ya que cuanto mayor es la posición y menor la liquidez del mercado, mayor es el riesgo asociado con la posición.

Por lo anterior es recomendable que:

- El VaR se use en conjunción con otros métodos, como pruebas de stress.
- Realizar pruebas de retroalimentación con datos reales (backtesting).
- Evitar sensaciones de seguridad.
- Revisar datos "sucios" utilizando dos o tres veces desviación estándar para revisar rendimientos anormales.

4. MODELO VAR PARA COMPAÑÍAS DE SEGUROS DE VIDA

Para llevar a cabo este proceso en la Compañías de Seguros de Vida, imprescindible considerar todas las regulaciones⁴ que de una u otra manera determinan los factores relevantes para el logro de este objetivo.

Los pasos a seguir son:

- Determinar los activos que requieren ser medidos para incluirlos en el cálculo del VaR.
- Valorizar a Mercado la cartera incluida en el cálculo del VaR.
- Asignar los instrumentos de la cartera a los Vértices de Riesgo.
- Formar la Matriz de Varianza y Covarianza que reúne la información del mercado financiero nacional e internacional.
- Calcular el VaR.

4.1. Determinación de los activos que requieren ser medidos para incluirlos en el cálculo del VaR

Para lo cual la norma indica que se deben separar las compañías entre aquellas que ofrecen:

- Seguros de Rentas Vitalicias⁵ ; ya que pueden excluir los activos elegibles para calce (Circ. N° 1.512), hasta un monto equivalente al total de la reserva técnica financiera de las pólizas de estas rentas de acuerdo al valor contable de los activos.
- Seguros de Vida con Cuenta de Inversión; aquellas compañías que registren reservas de valor del fondo asociadas a estos seguros no los deben incluir en el cálculo del VaR, pero

⁴ Capítulo basado en las siguientes normas :

- NCG. N° 148, 132 S.V.S.
- Circular N° 1512, 1360 S.V.S

⁵ Seguro de vida de sobre vivencia que permite al asegurado obtener una pensión segura hasta el momento de su fallecimiento.

debe ser informado de manera separada, tampoco es considerado en los requerimientos patrimoniales que se señalan más adelante.

El cálculo de VaR está basado en un modelo que es función de la definición de los factores de riesgo propio a la naturaleza de cada activo y la determinación de las volatilidades y correlaciones asociadas a estos factores.

En este modelo, como ya se ha expuesto en capítulos anteriores, es necesario definir:

- Horizonte de cálculo del VaR, que será de un mes calendario.
- Determinar la volatilidad y correlación, que se calcula en base a los retornos y tasas de interés asociadas a los factores de riesgo.
- Nivel de confianza, que representa la probabilidad que la pérdida o menor valor de la cartera, sea menor o igual a la pérdida máxima estimada determinada por VaR. En este caso el nivel de confianza asignado corresponde a un 95%. Suponiendo normalidad en la distribución de los retornos de los activos que componen la cartera de inversión y basados en una distribución normal estándar de una cola, corresponde utilizar un factor α de 1.65 veces sobre la desviación estándar de la cartera de inversiones sujetas a VaR.
- Moneda, corresponde utilizar la Unidad de Fomento (UF) o cualquier otra, autorizada en forma previa por la S.V.S., por lo cual aquellos instrumentos financieros o activos, expresados en Pesos (\$) o en Moneda extranjera, debe medirse en términos de retornos de UF.

4.2. Valorización a Mercado de la cartera incluida en el cálculo del VaR.

Esta valorización se realiza de acuerdo a los siguientes criterios y de manera extracontable.

- *Instrumentos de Renta Fija (IRF)*

Para los IRF nacionales, se obtiene esta información proveniente de la Bolsa de Comercio de Santiago (BCS) y de la Bolsa Electrónica, si existen diferencias significativas entre el valor informado entre una entidad y la otra, prima el valor que provenga de la bolsa donde se haya presentado un mayor volumen transado y tenido mayor número de transacciones.

El precio de mercado es el valor promedio ponderado que dicho instrumento presente en la última transacción registrada en el mes de referencia.

Mutuos Hipotecarios endosables, deben valorizarse de acuerdo a las tasas publicadas por la S.V.S., a través de su página web. Mientras que para los Bienes Raíces en leasing, se considera como valor de mercado su valor presente, es decir, el valor de los flujos futuros, descontados a la TIR de mercado⁶.

- Instrumentos de Renta Variable (IRV)

Para los IRV nacionales, la información se obtiene del mismo modo expuesto para los IRF nacionales.

El precio de mercado de los IRV, es el precio de cierre del último día hábil del mes considerado para la valorización, donde se produzcan las transacciones en cuestión, si no hay transacciones en el mes de referencia, se debe considerar la misma información del mes anterior, de repetirse la misma situación, entonces se debe utilizar la cinta de precios que publica la Superintendencia de AFP, que corresponde a la fecha de la valorización; si no, es la S.V.S. quien entrega un valor para dicho instrumento.

- Instrumentos extranjeros

En el caso de estos instrumentos, el precio de mercado, es el que se obtiene a través de los medios de información internacionales, como Reuters o Bloomberg, correspondiente al mercado secundario donde fue adquirido dicho instrumento, o donde se dé difusión pública de sus precios. Cuando existan diferencias significativas de precios entre distintos mercados donde se transe el instrumento en cuestión, prima el que proviene de la bolsa que presente mayor volumen transado y tenga mayor número de transacciones. Si la diferencia continúa, es la SVS quien determina el precio a utilizar.

4.3. Asignación de los instrumentos o activos de la cartera a los Vértices de Riesgo

En el Capítulo 3, se menciona que es necesario determinar los factores de riesgo que afectan a cada instrumento financiero para identificar, en base a ello y a la madurez del instrumento, un grupo o familia, que es conocida como Vértice de Riesgo.

Los flujos obtenidos de los distintos instrumentos se deben asignar a los distintos vértices de riesgos.

El propósito de la asignación de los flujos de los instrumentos a los distintos vértices es que estos flujos puedan usar volatilidades y correlaciones que son mensualmente calculadas para cada uno de

⁶ Valor Presente del Bien Raíz en Leasing, se determina como un spread sobre el PRC, el que se calcula al momento de la emisión del contrato, quedando fijo en el tiempo. Para encontrar la tasa del PRC más cercano a la fecha de vencimiento del contrato en cuestión, se determina en función de la TIR media real anual, por tipo de instrumento y plazo, correspondiente al Banco Central y Tesorería, del mes de cálculo, informada a la BCS.

estos vértices. En la Tabla 3 se presenta un resumen de los 19 vértices de riesgo que define la norma y los activos asociados a ella.

4.4. Formación de la matriz de Varianza y Covarianza que reúne la información del mercado financiero nacional e internacional.

El objetivo de crear esta matriz es reunir la información de todos los mercados. Se construye a partir de los índices definidos para cada vértice de riesgo y su variación mensual, puesto que para cada uno hay que analizar su volatilidad durante el mes en estudio y, posteriormente, determinar cómo reacciona este vértice ante cambios en los otros, es decir, calcular la correlación que existe entre éste y los demás vértices, tomando su evolución durante los últimos tres años.

Tabla 3: Vértices de Riesgo y Criterios de Asignación

Vértice de Riesgo	Activos
PRC1 - PRC2 - PRC3 - PRC4 – PRC5	PRC, otros papeles estatales, bonos de empresas públicas, privadas y bancarias, leasing y otros IRF. Bonos de reconocimiento y otros bonos cero cupón. BCP y BCU (Bonos del Banco Central en pesos y en UF)
PRD1	Bonos emitidos en US\$ por el Banco Central, efectivo y depósitos a plazo denominados en US\$
HIPOT1-HIPOT2 - HIPOT3	Letras y Mutuos Hipotecarios
Bonos USA1 – Bonos USA2	Bonos de emisores norteamericanos emitidos en cualquier moneda, cuotas de Fondos Mutuos (FM), invertidos en más de un 60% en este tipo de bonos
Bonos NO USA	Bonos de emisores extranjeros de países desarrollados distintos a USA y cuotas de FM invertidos en más de un 60% en este tipo de bonos.
Bonos de países emergentes BEMERG	Bonos de países emergentes y cuotas de FM invertidos en más de un 60% en este tipo de bonos.
Acciones Nacionales IPSA	Acciones nacionales transadas en Chile, cuotas de FM ó inversión, invertidos en más de un 60% en acciones nacionales.
Acciones Extranjeras USA	Acciones USA, cuotas de FM ó inversión de acciones emitidas en USA en más de un 60%.
Acciones Extranjeras de Países	Acciones extranjeras en países desarrollados excepto USA y cuotas de FM invertidos

Desarrollados	en acciones de dichos países en más de un 60%.
Acciones Extranjeras de Países Emergentes	Acciones extranjeras en países emergentes y cuotas de fondos de inversión, invertidos en acciones de dichos países en más de un 60%.
Tipo de Cambio UF/ US\$	Inversiones en dólar US\$
UF (Tipo de Cambio UF/\$)	Inversión en \$

Fuente: Boletín de Opinión AACH. Marzo 2003

Al reunir esta información se logra formar la matriz de Varianza-Covarianza, la que representa la correlación existente entre los índices de los distintos vértices. Esta matriz es la base para el cálculo de Var.

Los pasos a seguir para generar la matriz son:

- Crear una Base de Datos (BD) única con todos los instrumentos financieros y bienes raíces de la compañía (incluyendo el patrimonio en exceso).
- Asignar de manera adecuada la moneda para cada activo en VaR, puesto que el modelo, sólo considera tres monedas: Peso Chileno (\$ ó CPL), Unidad de Fomento UF y Dólar Norteamericano (US\$).
- Asignación (Mapping) de los activos en los Vértices de Riesgo.

De acuerdo al tipo de instrumento, será la información que se requiera de ellos, información que se resume en la Tabla N° 4.

4.5. Cálculo del VaR

Finalmente, se procede a realizar el cálculo del VaR, utilizando el método Paramétrico. Este método se aplica a los activos tradicionales y derivados que tienen un comportamiento lineal, a los que no lo poseen (ej. Opciones⁷) igual se les aplica esta metodología realizando en forma previa un ajuste delta a su valor para linealizarlo.

Tabla 4 Información Requerida para generar Matriz de Varianza y Covarianza

Instrumento	Información Requerida
-------------	-----------------------

⁷ Para el caso de las opciones la compañía debe utilizar la metodología de Black and Schole para darle al instrumento su valor de mercado, y acto seguido, dado que las opciones no tienen un comportamiento lineal ante cambios en el precio del activo subyacente, se debe aplicar un ajuste a través de su beta/delta para poder asignarlo a un vértice de riesgo, como los demás instrumentos.

Todos	<p>Tipo de Activo</p> <p>Identificación</p> <p>Valor Libro en UF</p> <p>Valor de Mercado en UF (no necesario para bienes raíces).</p>
IRF nacionales	<p>Fecha de madurez</p> <p>Meses para el vencimiento</p> <p>Emisor</p> <p>Categoría de riesgo</p> <p>Moneda de la emisión (si es \$, reajustado por IPC, esta debería ser considerada como UF.)</p> <p>Esquema de amortización / prepago (pagos iguales o un único pago cero cupón.)</p>
IRF extranjeros	Ídem.
Acciones Locales	<p>Emisor</p> <p>Beta de la Acción</p> <p>Valor de M° en UF ajustado por el Beta de la acción en relación al IPSA. Si es una acción cuyo Beta no está en Bloomberg, asuma $\beta = 1$</p>
Acciones extranjeras	<p>Emisor</p> <p>País Emisor</p>
Fondos de Inversión y FM	<p>Emisor</p> <p>Descripción del tipo de activo incluido</p>

	País al cual corresponde
--	--------------------------

Fuente: Elaboración propia con información extraída de la NCG N° 148 S.V.S.

Si se tiene una cartera de inversión que considera N instrumentos, y a cada uno de ellos se le ha proyectado una volatilidad y una correlación, entonces, se dice que el cambio de valor en la cartera de inversión es:

$$\hat{r}_{p,t} = \sum_{n=1}^N \omega_n \hat{r}_{n,t} = \sum_{n=1}^N \omega_n \delta_n r_{n,t} \quad [4.1]$$

Donde:

$\hat{r}_{n,t}$: Cambio de valor en el instrumento n . Con $n = 1, \dots, N$

ω_n : Monto total invertido en el instrumento o activo n .

δ_n : Mide el cambio en el valor de este n -ésimo instrumento, producto de un cambio en los valores del índice al cual se ha asociado dicho instrumento o activo.

Dado que el VaR se calcula mensualmente, para obtenerlo en una cartera de inversiones de una compañía de Seguros y reaseguros se debe multiplicar 1.65 veces por la desviación estándar respecto

del retorno de la cartera, $\hat{r}_{p,t}$:

$$\text{VaR}_t = 1.65 * \sqrt{(E(t) * Cov * E(t)^T)} \quad [4.2]$$

Donde:

$E(t)$: Vector de exposiciones, el que está formado por cada $e(i:t)$, que a su vez se define como la exposición al vértice de riesgo " i " al momento " t ".

Cov : Matriz de Covarianza de todos los vértices de Riesgo al momento " t ".

$E(t)^T$: Vector de Exposiciones transpuesto.

5. RESULTADO VAR

Este capítulo, aborda de manera práctica el cálculo de VaR a Compañías de Seguro de Vida, con el objeto de lograr una aproximación al proceso que se debe realizar mensualmente para una buena gestión y prevención de pérdidas excesivas en sus carteras de inversiones.

Sobre la base de una identificación de grupos estratégicos realizada por Acevedo y otros (2002), del total de compañías existentes en el mercado actual, se hizo una selección de tres de ellas, tomando en consideración variables tales como:

- Participación de Mercado de Vida Individual
- Clasificación de Riesgo de Compañías de Seguros de Vida.
- Diversificación de Líneas de Producto de Seguro de Vida Individual.

Las compañías seleccionadas, se clasifican de la siguiente forma:

- Empresa Tipo 1 (ET 1), que corresponde a una empresa líder en el rubro, por sus años de experiencia y participación en el mercado.
- Empresa Tipo 2 (ET 2), que corresponde a una empresa con menor participación en el mercado que la anterior, pero con un nivel medio de riesgo y de madurez.
- Empresa Tipo 3 (ET 3), se encuentra dentro del grupo de las más riesgosas, nuevas y con menor presencia en el mercado.

Los datos seleccionados⁸, para el análisis VaR corresponden a los trimestres que terminan en Junio y Septiembre del año 2003, esto permite desarrollar una comparación de la variación de VaR en el período y así obtener mayor riqueza en las conclusiones.

Cabe mencionar que no fue posible recopilar todos los datos que la norma estipula, debido a las políticas de reserva de información al respecto que posee cada Compañía de Seguros de Vida⁹.

Como se describe en el Capítulo 3, lo primero es identificar los activos, que están dentro de la cartera de inversión de la compañía, los que son base para calcular VaR y los que no.

⁸ Con datos obtenidos del compendio de información "FECU Compañía de Vida y Generales" de los trimestres de Marzo, Junio y Septiembre del año 2003.

⁹ Esta información solo es exigida como obligación, desde marzo del 2003. por la S.V.S.

En la Tabla N°5 se presenta una lista de las inversiones que componen las diversas carteras de inversión con las cuales se ha trabajado.

Luego de identificar los activos en los que invierte cada compañía, se procede a la elaboración de una base de datos única, en la que se identifican los datos de acuerdo al detalle descrito en el Capítulo 3¹⁰.

Luego se procede a la asignación de los flujos de los instrumentos a los distintos Vértices de Riesgo dependiendo del tipo de instrumento que se trate y de su fecha de vencimiento (madurez en años), también se debe identificar moneda de emisión, fuente de información e índice según NCG. N° 148 S.V.S..

Tabla 5 Activos en los que invierten la Compañías de Seguros de Vida

Abreviación	Detalle
ACC	Acciones S.A abierta.
ACCR	Acciones S.A cerrada.
B	Depósitos, bonos y otros títulos de deuda emitidos por
BB	Bonos de banco e instituciones financieras
BE	Bonos de empresas
BR	Bonos de reconocimiento y complemento de bonos
BU	Bonos subordinados
CERO	Cupón de emisión reajutable opcional en UF
CFI	Cuotas de Fondos de Inversión
CFM	Cuotas de Fondos Mutuos
CJ	Caja
CLEAS	Contrato de Leasing
CT	Saldos de cuentas corrientes (Bancos)
D	CFM o CFI constituidos en el extranjero
E	CFI y CFM constituidos en el país, cuyos activos se invierten en
IMEQ	Inversiones mobiliarias en equipos computacionales
IMMM	Inversiones mobiliarias en muebles y máquinas
IMOT	Inversiones Mobiliarias en otros
IMVH	Inversiones Mobiliarias Vehículos
LH	Letras hipotecarias

¹⁰ Tabla N° 3 Información requerida para generar Matriz de Varianza y Covarianza.

MH	Mutuos hipotecarios endosables
PRC	Pagaré reajutable del Banco Central con pago de cupones
BZ	Bienes Raíces

Fuente : Elaboración propia, con información extraída de la Circular N° 1.607 S.V.S. Anexo N° 2 Codificación de Instrumentos

Para este trabajo, a aquellos instrumentos a los cuales no se tiene acceso a la información necesaria para determinar su índice de rentabilidad, se les considera como tal, la rentabilidad obtenida en sus transacciones de un período al otro, razón por la cual, es necesario advertir que esta aplicación es una aproximación al cálculo real de VAR.

La Tabla N°6, muestra los resultados del cálculo del retorno, la volatilidad y la correlación¹¹ de los factores de riesgo.

Tabla 6 Índices de Volatilidad utilizados en el cálculo de VaR

TABLA CON PROBLEMAS (HECHA EN EXCEL)

Fuente: Elaboración propia, con información de NCG. N° 148 y datos obtenidos de Bolsa de Comercio de Santiago en su sitio : www.bolsantiago.cl

Una vez, que se logra la clasificación de los instrumentos en cada vértice de riesgo, se procede a la confección del Vector de Exposiciones $E(t)$ ó VE ¹², del cual se muestran sus resultados para cada una de las empresas tipo en la Tabla N° 7 , Tabla N° 8 y Tabla N° 9 .

Tabla 7 Asignación a los Vértices de Riesgo. ET 1 Junio y Septiembre 2003

Vértices de riesgo	V Exposiciones	Media	Varianza
Junio			
ACC	7.305.262,8018	21,701%	4,71%
Bemerg	477.866,4915	-37,757%	14,26%
TC	1.082.345,3522	-5,578%	0,31%
UF	1.108.385,1278	1,049%	0,01%

¹¹ Todos los cálculos realizados para este trabajo se han realizado en Planillas Excel.

¹² Para no entorpecer el entendimiento del capítulo, sólo se muestra el resultado de esta asignación para los tres tipos de empresa identificados, el detalle de los cálculos, se encuentra en el Anexo

Septiembre			
ACC	7.686.373,1304	16,7867%	0,1415%
Bemerg	1.021.054,4889	171,7339%	0,8349%
TC	1.226.802,0887	-4,7340%	0,0093%
UF	1.189.294,0706	-0,0137%	0,0003%

Fuente : Elaboración propia, con los datos obtenidos en S.V.S. Detalle en Anexo 1

Como se puede apreciar, cada una de las empresas posee distintos tipos de inversión de acuerdo al tipo de empresa que representa.

En el caso de ET 1, invierte, principalmente en Acciones Nacionales de S.A abierta y cerrada, Bonos de países emergentes, activos que se llevan a inversión en Dólar u otra moneda distinta al Peso chileno y finalmente en otros activos que se denominan en UF, lo que denota su seguridad en el rubro, ya que al invertir en estos instrumentos asumen una mayor probabilidad de ganancia así como también de pérdida, pues está expuesta a riesgos mayores, tales como shocks en el mercado nacional e internacional, que afectan la volatilidad en el precio de las acciones, el riesgo de la inversión en Dólar u otra moneda extranjera, traducido en riesgo de Tipo de Cambio. Por otra parte, no deja de ser menor el riesgo que debe enfrentar, por confiar sus inversiones en Bonos de países emergentes.

Tabla 8 Asignación a los Vértices de Riesgo. ET 2 Junio y Septiembre 2003

Vértices de riesgo	V. Exposiciones	Media	Varianza
Junio			
PRC 1	189.546,4950	1,049%	0,0110%
PRC 2	218.164,4070	1,049%	0,0110%
PRC 3	162.494,2011	1,049%	0,0110%
PRC 4	904.119,6749	1,049%	0,0110%
PRC 5	7.018.743,1696	1,049%	0,0110%
HIPOT 1	22.154,8988	1,049%	0,0110%

HIPOT 2	97.422,8486	1,049%	0,0110%
HIPOT 3	5.677.419,8475	1,049%	0,0110%
ACCIONES NAC	74623448,752%	21,701%	4,7093%
UF	31.570,0718	1,049%	0,0110%
Septiembre			
PRC 1	187.844,478	-0,0137%	0,0003%
PRC 2	269.629,707	-0,0137%	0,0003%
PRC 3	331.812,355	-0,0137%	0,0003%
PRC 4	680.968,278	-0,0137%	0,0003%
PRC 5	7.028.553,476	-0,0137%	0,0003%
HIPOT 1	33.549,733	-0,0137%	0,0003%
HIPOT 2	91.203,356	-0,0137%	0,0003%
HIPOT 3	5.782.071,173	-0,0137%	0,0003%
ACC. NAC	7686373,13	16,7867%	0,1415%
UF	1.189.294,0706	-0,0137%	0,0003%

Fuente : Elaboración propia, con los datos obtenidos en S.V.S.

Tabla 9 Asignación a los Vértices de Riesgo. ET 3 Junio y Septiembre 2003

Vértices	Vector de Exposición	Retorno	Media
Junio			
ACC	4263120,165	21,701%	4,709%
TC	8531,416	-5,578%	0,311%

UF	505951,9436	1,049%	0,011%
Septiembre			
ACC	2007004,968	16,787%	0,142%
TC	12228,46885	-4,734%	0,009%
UF	492166,8379	-0,014%	0,000%

Fuente : Elaboración propia, con los datos obtenidos en S.V.S. Detalle en Anexo 3

Distinto tipo de inversión muestra la ET 2, que se muestra más conservadora, pues sus inversiones son mayoritariamente, en activo nacionales, como Pagarés y Bonos del Banco Central, depósitos y otras inversiones en instrumentos de renta fija y variable, por lo que es claro que el riesgo que enfrenta es el proveniente de cambios en el nivel de precios accionarios y variación de UF, pero no enfrenta, como en el caso de ET 1, el riesgo de tipo de cambio, al menos en forma directa.

La tercera compañía ET 3, invierte en acciones de Sociedad Anónima abierta y cerrada, instrumentos en Dólar u otro tipo de cambio y en UF, lo cual la hace enfrentar riesgos típicos de variación de tipo de cambio, variación de precios accionarios y otros que la pueden afectar de manera tangencial.

Un aspecto que cabe mencionar, es que para las empresas que incluyen dentro de sus carteras de inversión, activos asociados a Bienes Raíces (BZ) y Contratos de Leasing (CLEAS), no han sido consideradas dentro del cálculo de VaR, puesto que los BZ, por regla, se deben apartar del portafolio de inversión y analizarlos separadamente; mientras que para los contratos de Leasing que no presentan fecha de vencimiento o madurez, se hace el supuesto que están firmados sobre Bienes Raíces.

Finalmente se procede a realizar el cálculo de VAR utilizando la siguiente fórmula:

$$VaR_t = 1.65 * \sqrt{(E(t) * Cov * E(t)^T} \quad [5.1]$$

Donde:

$E(t)$: Vector de exposiciones

Cov : Matriz de Covarianza de todos los vértices de Riesgo al momento "t".

$E(t)^T$: Vector de Exposiciones transpuesto.

Las Tablas N° 10, 11 y 13 muestran la Matriz de Covarianza que se obtuvo para cada una de las empresas en estudio.

Tabla 10 Matriz de Covarianza ET 1 Junio y Septiembre 2003

Matriz de Covarianza				
Junio	ACC NAC	BEMERG	TC	UF
ACC NAC	1	-0,0819	-0,0121	0,0023
BEMERG	-0,0819	1	0,0211	-0,0040
TC	-0,0121	0,0211	1	-0,0006
UF	0,0023	-0,0040	-0,0006	1
Septiembre	ACC NAC	BEMERG	TC	UF
ACC NAC	1	-0,0026	-0,0004	0,0001
BEMERG	-0,0026	1	0,0006	-0,0001
TC	-0,0004	0,0006	1	-0,00002
UF	0,0001	-0,0001	-0,00002	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SVS.

Tabla 11 Matriz de Covarianza ET 2 Junio 2003

Matriz de Covarianza	PRC 1	PRC 2	PRC 3	PRC 4	PRC 5	HIPOT 1	HIPOT 2	HIPOT 3	ACC N.	UF
PRC 1	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001
PRC 2	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001
PRC 3	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001
PRC 4	0,0001	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001

PRC 5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001
HIPOT 1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,0001	0,0023	0,0001
HIPOT 2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,0023	0,0001
HIPOT 3	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1	0,0023	0,0001
ACC N.	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	1	0,0023
UF	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023	1

Fuente Elaboración propia con datos obtenidos en SVS.

Tabla 12 Matriz de Covarianza ET 2 Septiembre 2003

Matriz de										
Covarianza	PRC 1	PRC 2	PRC 3	PRC 4	PRC 5	HIPOT 1	HIPOT 2	HIPOT 3	ACC N.	UF
PRC 1	1	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000067	0,000003
PRC 2	0,000000	1	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000121	0,000003
PRC 3	0,000000	0,000000	1	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000068	0,000003
PRC 4	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000003	0,000003	0,000003	0,000003	0,000068	0,000003
PRC 5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000003	0,000003	0,000003	0,000068	0,000003
HIPOT 1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000003	0,000003	0,000068	0,000003
HIPOT 2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000003	0,000068	0,000003
HIPOT 3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000068	0,000003
ACC N.	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1	0,000068
UF	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1

Fuente Elaboración propia con datos obtenidos en SVS.

Tabla 13 Matriz de Covarianza ET 3 Junio y Septiembre 2003

Matriz de Covarianza

Junio	AA N.	TC	UF
ACC N.	1	-0,0121	0,0023
TC	-0,0121	1	-0,0006
UF	0,0023	-0,0006	1
Septiembre	AA N.	TC	UF
AA N.	1	-0,0004	0,0001
TC	-0,0004	1	-0,00002
UF	0,0001	-0,00002	1

Fuente Elaboración propia con datos obtenidos en SVS.

Los resultados obtenidos, son los que se muestran en la Tabla N° 14:

Tabla 14:RESULTADOS VAR

Compañía	VAR Junio 2003	VAR Septiembre 2003
Empresa Tipo 1	12.268.364,03	13.096.250,74
Empresa Tipo 2	15.037.033,80	19.802.476,26
Empresa Tipo 3	7.085.244,64	3.409.781,79

Fuente Elaboración propia con datos obtenidos en SVS. Detalle en anexos 2 y 4 para ET1 y ET3

Para la ET 1 se concluye que con un nivel de confianza de un 95%, en un horizonte de un mes, sólo un mes de 20, en promedio se puede esperar una pérdida mayor a \$12.268.364. en el mes de Junio 2003 y durante el mes de septiembre, se estima en \$13.096.250.-, cifra que pone de manifiesto el aumento del nivel máximo de riesgo de pérdida que está dispuesto a asumir, producto del incremento de la inversión que realizó esta empresa y de los resultados generales que obtuvo en su gestión.

Para la ET 2 se observa, bajo el mismo nivel de confianza de un 95% y para los mismos períodos de análisis, que el riesgo máximo de pérdida que se está dispuesto a asumir también aumentó.

En la ET 3 se observa que el nivel de riesgo máximo de pérdida dispuesto a aceptar disminuye considerablemente, de un período a otro.

Finalmente, las conclusiones específicas que se puedan determinar para cada una de estas empresas, van más allá del objeto de estudio, puesto que no se está haciendo referencia a la gestión de cada empresa, sino que sólo se busca una aproximación al resultado obtenido en el proceso de cálculo de VaR.

CONCLUSIONES

Producto del creciente desarrollo del mercado financiero, se ha hecho cada día más necesario buscar nuevas estrategias e implementar herramientas que ayuden al inversionista institucional a “Gestionar el Riesgo” que enfrenta su portafolio de inversión.

Las herramientas que se utilizan para ello, deben cumplir con una serie de requisitos, tales como determinar el riesgo de una amplia gama de instrumentos para, con ello, determinar el riesgo de la cartera en la que se invierte. Bajo esta premisa es que aparece el concepto de VaR, convirtiéndose en la actualidad en una de las herramientas más importantes al respecto.

A nivel nacional, en marzo del año 2003, la Superintendencia de Valores y Seguros, impartió una norma con carácter obligatorio en la que obliga a las Compañías de Seguros Generales y de Vida a entregar mensualmente el cálculo de VaR de sus carteras a dicha entidad, con el propósito de que cada una de ellas determine cual es el nivel de riesgo máximo de pérdida que están dispuestas a aceptar, dada las fluctuaciones del mercado y el impacto que esto provoca en su gestión.

La ventaja que trae esta aplicación es clara, puesto que permite a las Compañías mantener políticas de inversión claras, modificar conductas riesgosas y aprovechar las oportunidades que se presenten ante algún cambio en las condiciones de mercado .

Pese a las aparentes ventajas de la aplicación de VaR, los problemas que trae consigo, también son variados, puesto que :

- El VaR depende fuertemente de algunos supuestos estadísticos (en particular en las correlaciones y volatilidades).
- No establece qué hacer con el problema de alta kurtosis (fat tails) y por tanto, no se conoce hasta cuánto podrían llegar las pérdidas en el 1% ó 5% de las veces.
- Puede haber problemas en la recolección de datos u observaciones.
- Puede generar problemas de interpretación, es decir, puede interpretarse como el peor escenario o la exposición total del riesgo y generar una falsa sensación de seguridad.

Aún cuando VaR, considera supuestos que la gran mayoría de las veces se rompen, implementarlo permite entregar a la Compañía una visión más clara de los riesgos a los que se expone.

A nivel de la industria de seguros la aplicación de VaR, genera un interés creciente puesto que permite a la compañía modelar en forma simultánea el impacto de todos los riesgos que el mercado enfrenta, además sirve para evaluar los resultados de programas de administración de riesgos, permite a toda la industria manejar un lenguaje común, distinguir estrategias a seguir frente a determinadas situaciones y por sobre todo, mejorar la percepción de los clientes respecto de las Compañías de Seguros de Vida (y Generales .)

Cabe destacar, que la aplicación de VaR, no debe considerarse como la panacea, puesto que como toda herramienta de gestión, por sí sola no basta, sino que es necesario complementarla con otras y un adecuado control de la gestión de inversión. Por ello es recomendable que:

- VaR se use en conjunción con otros métodos, como pruebas de stress.
- Realizar pruebas de retroalimentación con datos reales (backtesting).
- Evitar sensaciones de seguridad.
- Revisar datos "sucios" utilizando dos o tres veces desviación estándar para revisar rendimientos anormales.

Si bien la aplicación de VaR, traerá consigo ventajas y desventajas, el criterio del inversionista institucional aún es un terreno que no se puede modelar, dado lo subjetivo de este aspecto.

Con respecto a la aplicación realizada a tres Compañías de Seguros, se puede observar que para las ET 1 y ET 2 aumentó el máximo nivel de pérdida esperada según los parámetros utilizados. Mientras que para la ET 3 este monto disminuyó.

Estas situaciones no se pueden explicar por un cambio en la composición de sus carteras, más bien por una variación (aunque muy poco significativa) en la proporción que cada instrumento representa dentro del portafolio. Mayores análisis al respecto no se pueden realizar por la falta de información; además éste no es el objeto de estudio del trabajo realizado.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- ARAGONÉS, J. R Y BLANCO, C. (2000). Valor en Riesgo. Aplicación a la Gestión Empresarial. Primera Edición,. Ediciones Pirámide. España
- PASCALE, R. (1998) Decisiones Financieras, Tercera Edición. Ediciones Macchi. Buenos Aires . Argentina.
- MARTINEZ ABASCAL, E. (1998). Invertir en Bolsa, conceptos y estrategias., Mc Graw Hill. Barcelona.

Revistas y Documentos de Trabajo

- J. P Morgan. (1996). Risk Metrics, Technical Document. Cuarta Edición. New York, Estados Unidos.
- Johnson, C. (2001). Value at Risk; Teoría y aplicaciones. Estudios de Economía Banco Central de Chile. N° 28 , págs.: 217-247. Santiago, Chile.
- Johnson, C. (2000). Métodos de Evaluación del Riesgo para Portafolios de Inversión Estudios de Economía Banco Central de Chile. N° 67, págs.: 1-39. Santiago, Chile.
- Johnson, C. (2000). Value at Risk Ajustado por Liquidez: Una Aplicación a los Bonos Soberanos Chilenos. Estudios de Economía Banco Central de Chile. N° 76, págs.: 2-14. Santiago, Chile.
- Johnson, C. (2002). Value at Risk : Teoría y Aplicaciones. Estudios de Economía Banco Central de Chile. N° 136, págs.: 1-42. Santiago, Chile..
- Asociación de Aseguradores de Chile, (2003) VaR, Norma de Carácter General N° 148. Boletín de Opinión N° 35. Santiago, Chile.
- Asociación de Aseguradores de Chile, (2001), Boletín AACH N° 7. Modelo de Valoración de Riesgo de las Inversiones (Var, Value at Risk). Santiago, Chile.

- Asociación de Aseguradores de Chile (2001) Boletín AACH. N° 16. Normas pendientes para la aplicación de la reforma al mercado de capitales.. Santiago, Chile.
- Asociación de Superintendentes de Seguros de América Latina (2000) Boletín ASSAL.
- Instituto español de analistas financieros España, (2000) Análisis Financiero. N°82.

Tesis

- ACEVEDO, C; BAEZA, C; GÓMEZ, R; MEDEL, P. (2002).Generación de Ideas de nuevos productos. Aplicación de seguros de vida en Chile. Seminario para optar al título de Ingeniero en Información y Control de Gestión. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile. Santiago, Chile
- SANTIBÁÑEZ, R. (2003). Value at Risk: Aplicación al Mercado de Seguros. Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- RODRÍGUEZ, G. (2003). Exposición al riesgo y Value at Risk. Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- García, C. (2001) Un Modelo para la Gestión de las Carteras de Inversiones y Obligaciones de una Compañía de Seguros de Vida. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ingeniería Industrial. Universidad de Concepción. Concepción. Chile.

Leyes y Normas

- Superintendencia de Valores y Seguros. (2001). Circular N° 1.512. CHILE.
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2002). Circular N° 1.607. CHILE.
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2003). Circular N° 1.658. CHILE.
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2003). Circular N° 1.663. CHILE
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2003). Circular N° 1.681. CHILE.
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2003). Circular N° 1.685. CHILE
- Superintendencia de Valores y Seguros. (2002). Norma de Carácter General N°148.

- CHILE. Superintendencia de Valores y Seguros. (2002). Norma de Carácter General N° 149.
- CHILE. Superintendencia de Valores y Seguros. (2002). Norma de Carácter General N° 155.
- D.F.L. N° 251 Ley de Seguros 1931.

Páginas Web

- www.svs.cl (Superintendencia de Valores de Chile .)
- www.aach.cl (Asociación Aseguradores de Chile A.G.)
- www.riskmetrics.com (Riskmetrics Group.)
- www.riesgofinanciero.com (Instituto del Riesgo Financiero.)
- www.uas.mx (Universidad Anáhuac del Sur, México.)
- www.stockssite.com (Buenos Aires Stock's Sites.)

ANEXOS

TODOS LOS ANEXOS ESTAN EN HECHOS EN EXCEL (ESTAN EN EL DISCO)

ANEXO 1: Vector de Exposición ET 1, Junio y Septiembre 2003

ANEXO 2: Cálculo de VaR ET 1, Junio y Septiembre 2003

ANEXO 3: Vector de Exposición ET 3, Junio y Septiembre 2003

ANEXO 4: Cálculo de VaR ET 3, Junio y Septiembre 2003